

令和2年版環境白書（資料編）

第6章 環境保全に向けての参加の促進

第1節 環境教育・環境学習の推進

1. 環境教育・環境学習

① 小・中学校の取組

○大田市立志学小学校（志学小学校緑の少年団）

大田市立志学小学校は、島根県大田市三瓶町にある標高1,126mの国立公園三瓶山を校区にもち、自然保護のため絶滅危惧種（島根県Ⅰ類）に指定されている「ユウスゲ」の栽培・植栽活動や地域内での桜の植樹・保育等の各種森林保全活動に積極的に取り組んでいる。

（ア）絶滅危惧種「ユウスゲ」の栽培・植栽活動

校区の三瓶山の自然保護のため、絶滅危惧種（島根県Ⅰ類）に指定されている「ユウスゲ」の栽培・植栽活動に平成29年度から取り組んでいる。三瓶山を日本一「ユウスゲ」が咲く場所にしたいという児童の願いから、平成29年度～令和元年度は、毎年、三瓶山西の原にあるクロスカントリーコースに沿って「ユウスゲ」の植栽活動を行い、平成30年度からは播種や育苗にも取り組んでいる。

さらに、志学地区の文化祭では、児童が育てた「ユウスゲ」の苗を、平成30年度は80本、令和元年度は90本販売した。「ユウスゲ」が、志学地区の人々に親しまれる花となり、地域内で多くの花が咲くように、今後も同取組を継続する予定となっている。

（イ）「三瓶そば」の栽培・調理活動

毎年、全校児童で学校に隣接している畑を利用して「三瓶そば」を栽培している。そして児童が収穫したそばを使い、そば打ち体験をしている。例年、お世話になっている地域の人たちを招き、児童が打った「三瓶そば」をふるまい、日頃の感謝の気持ちを伝え、地域との交流を深めている。

（ウ）桜の下草刈り

志学地区の上山にて行われている「三瓶桜の里づくり事業」に、平成26年度から継続して参加している。平成26年には、桜の苗木90本を植樹し、翌年からは毎年、桜の苗木をしっかり成長させ、春に美しい花をたくさん咲かせたいと願い、植樹されているすべての桜が満開になるのを地域の人とともに楽しみにしながら、夏に伸びてくる雑草を刈る下草刈りを継続的に行っている。

桜の苗木の世話や桜の下草刈りなど、これまで先輩が思いをもって継続してきた活動を通して、地域の人々と関わりながらふるさとの良さに気付くとともに、地域に貢献しようとする意識を深めてきている。



ユウスゲ



ユウスゲの植栽活動



三瓶そばの収穫



桜の下草刈り

②県立学校の取組

○ハッチョウトンボ生育環境の解明と保全に向けた取り組み

島根県立浜田高等学校自然科学部

品川洸太 坂本智樹 表田英音 北川隼人 南翔斐

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「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い。土砂の入れ替えや除草がどの程度有効だったのかを検証し、有効な保全活動の手立てを考えるには、現在の正確な状況を把握し、今後の変化を予測することが必要であると考えた。そのため自然科学部では昨年から二カ所のトンボ生息湿地について4つの調査（Ⅰ環境DNA分析調査、Ⅱ水質調査、Ⅲ植生調査及びⅣ個体数計数調査）を行った。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なく、年間を通して調査可能である。私達は、2年前に島根大学のご協力のもと全国で初めてハッチョウトンボDNAを特異的に増幅させるプライマーを設計し完成させた。現在は実用化し、ヤゴの実態把握に活用している。

これらの調査の結果、一カ所の湿地では、環境DNAが継続的に検出されており、来年もトンボの発生が期待出来ること、湿地の土砂の入れ替えが有効であったこと、トンボ公園にいるトンボは他の湿地で育ったトンボが飛来してきた可能性があることが分かった。今後も調査を継続し、トンボの生息環境を解明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証がなかった。しかし、去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でなければ生息できない。そのため近年、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、生息地が減少しつつある。¹⁾

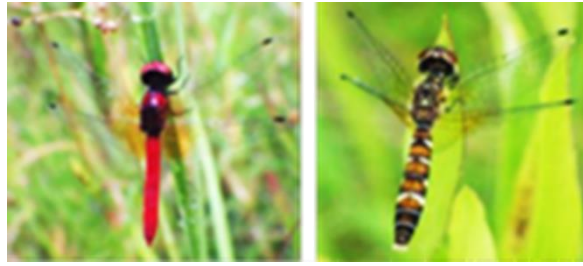


図1.左がオス、右がメス

3. 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。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2)。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大規模な土砂の入れ替えが行われた。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は今年2020年2月に、大規模な草取りが行われた。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。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)。



図2. トンボ公園の写真

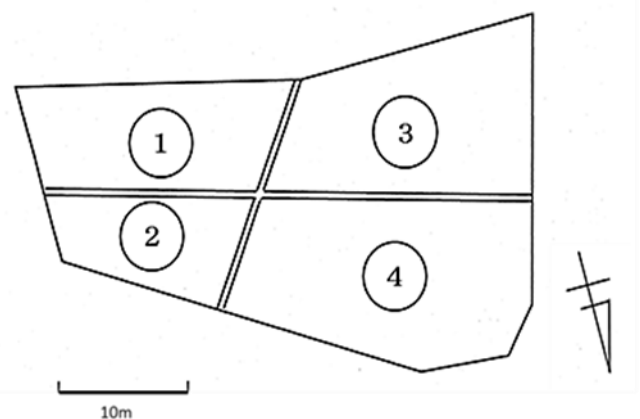


図3. トンボ公園の地図



図4. 自然湿地の写真

・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. 水質調査（トンボ公園及び自然湿地）
- III. 植生調査（トンボ公園のみ）
- IV. 目視による個体数計数調査（トンボ公園及び自然湿地）

I. 環境DNAによる調査方法²⁾

- (1) ハッチョウトンボを捕獲し、その塩基配列を調べ、神戸大学及び島根大学の先生方のご協力のもとプライマーを設計、作成した。
- (2) 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。
ここで、1番の課題となるのは、正確なデータをとること、そしてコンタミネーションを起こさないことである。そのため、ピペットを用いて湿地全体から採水を行った。また、ここで使用した道具は、すべてデコンタミネーションしたものを用い、水試料の negative control として蒸留水 500ml を同じ容器に用意した。
- (3) 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。
- (4) 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。
- (5) 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。

4. 結果

I. 環境 DNA 調査の結果

- トンボ公園

分析の結果、トンボ公園では地点①, ②で、2019年の10月に採取した試料でDNAが検出された。しかし、その後の調査では、DNAは検出されなかった。地点③, ④では全く検出されなかった。

- 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た。10月以降はこれほど大量には現れていないが、安定的にDNAが検出された(図5)。

negative control では、DNAの増幅は確認されなかったため、今回の調査ではコンタミネーションは起こっていないと推測できる。

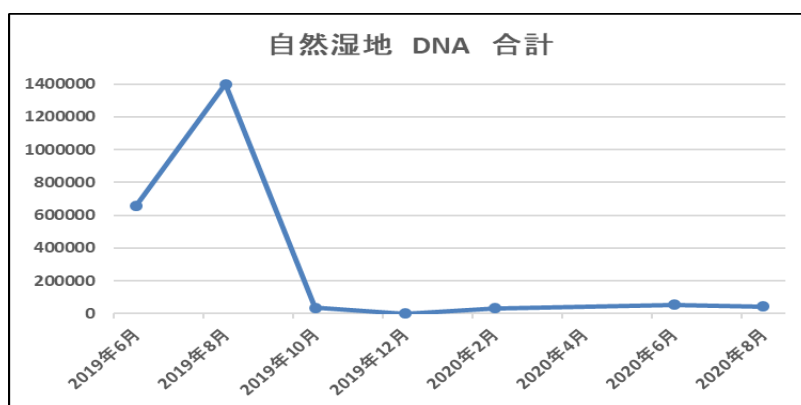


図5. 自然湿地におけるDNA量

II. 水質調査の結果

全地点で昨年 11 月と比べ、COD（化学的酸素要求量）値が増加した（図 6）

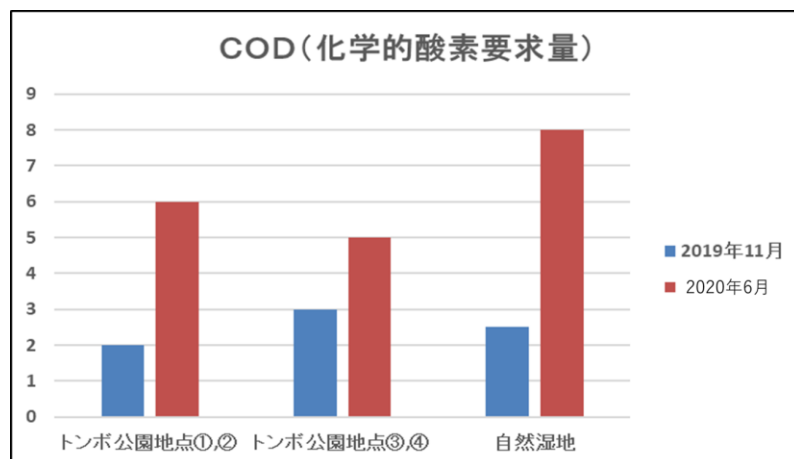


図 6. 各調査地における COD 値の変化

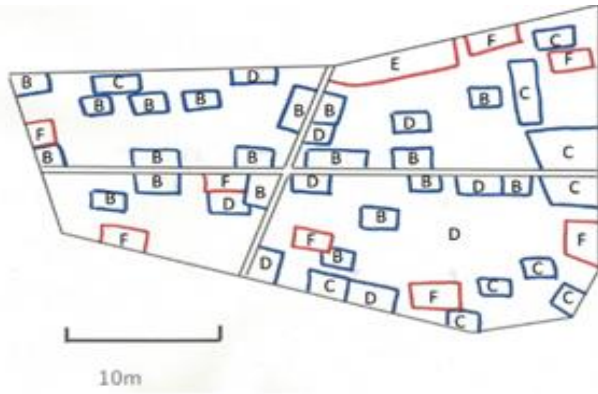
III. 植生調査の結果

• トンボ公園

トンボ公園で広く群生している植物の大半を同定し、乾燥環境を好む植物及び、富栄養環境を好む植物は赤、湿地環境を好む植物は青でそれぞれ優占度の高い種をマッピングした。また、トンボ公園の湿地の周りは傾斜となっていた。

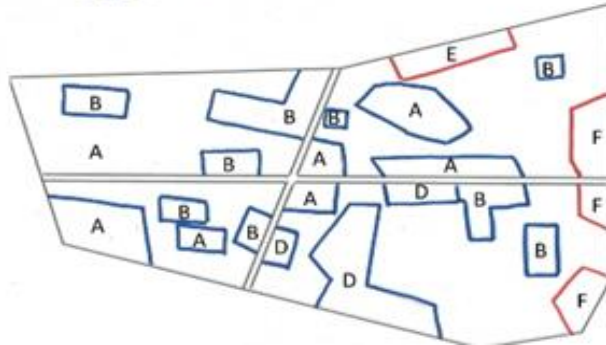
2019 年 7 月の調査では地点①, ②には、カンガレイやミズオトギリなどの湿生植物とミゾソバが生息していた。地点③, ④には、湿生植物だけでなくクズ、ミゾソバなどの乾燥した土壌で生息できる植物や富栄養環境を好む植物も生息していた。ミゾソバは湿っていて富栄養化状態の土壌にも生息可能であり、地点③, ④の端にも多く見られた（図 7）。

2020 年 6 月の調査では地点①, ②には、イグサやカンガレイなどの湿生植物が生息していた。地点③, ④では、2019 年と同様に湿生植物だけでなくクズやミゾソバが端に生息していた。また、イグサが増加していた（図 7）。



植生調査マップ
(2019年)

植生調査マップ
(2020年)



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7. 植生調査マップ

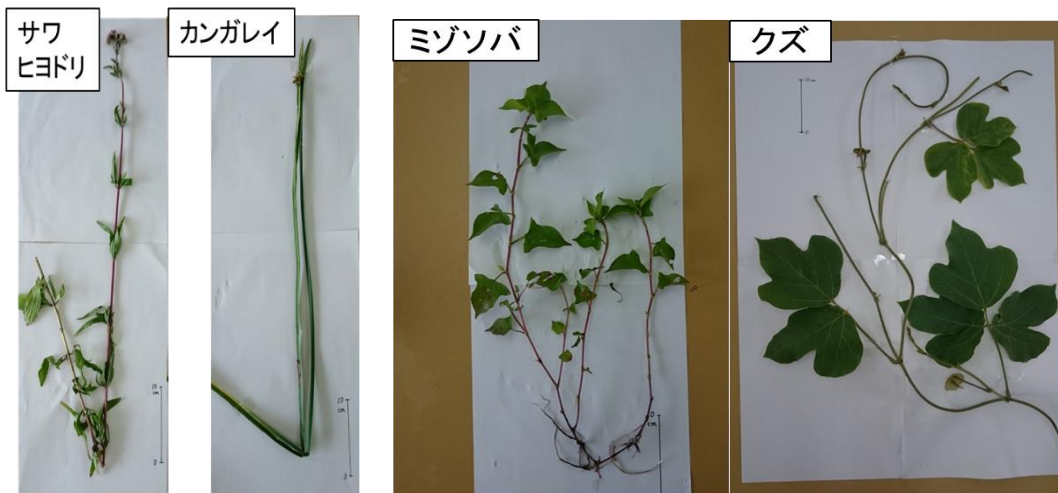


図8. 湿地で生息できる植物

図9. 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昨年と今年6月の個体数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、昨年に比べて地点①～④のすべての地点で個体数が減少した。特に地点③, ④ではほとんど確認されなかった。

地点①, ②では、オスが減少し、メスが増加した。地点③, ④では、オスメスの両方が減少した。今年のデータだけに注目してみると、メスよりもオスのほうが多く生息している。

地点④では、メスのほうが多く生息している。(図 10)

オスだけのグラフを見ると、地点②のオスの減少率は他の地点よりもゆるやかである。

●自然湿地

自然湿地では、湿地環境・乾燥土壌ともにハッチョウトンボの個体数は増加した。

昨年の調査では、オスは湿地環境に多くメスは乾燥土壌に多く生息していた。一方今回の調査では、湿地環境・乾燥土壌ともに、オスが多く生息していた。メスの変化率よりもオスの変化率が大きい(図 10)。

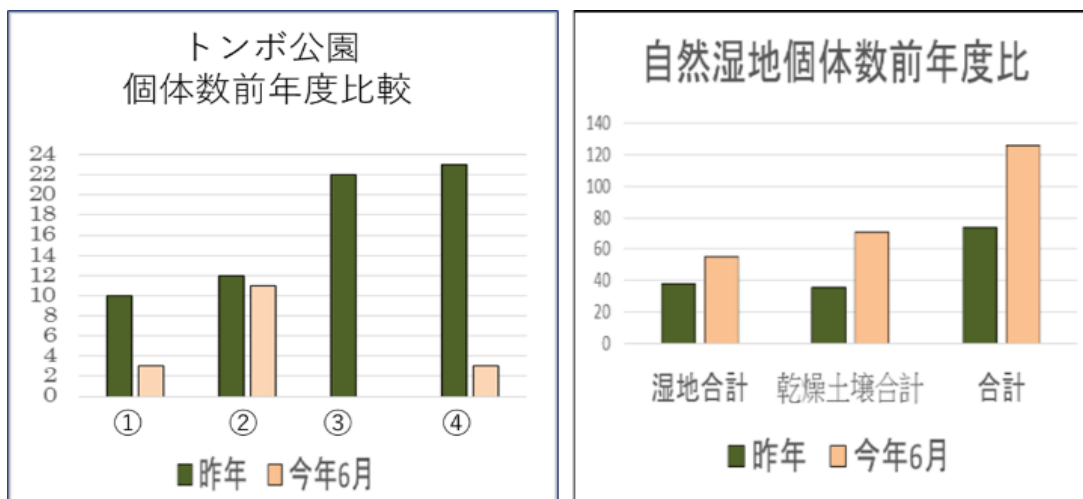


図 10. 個体数前年度比

5. 考察

I. 環境 DNA 調査結果について

- ・negative control では、DNA の増幅は確認できなかったため、今回の調査ではコンタミネーションは起こっていないと推測できる。
- ・地点③は 2020 年 2 月に草の抜き取りが行われたため、DNA の増幅が確認できなかったと思われる。
- ・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、昨年の調査でハッチョウトンボのヤゴを発見でき、今年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。
- ・今年の自然湿地の環境 DNA は、継続的に検出されていることから、来年もトンボの発生が期待できる。

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 COD 値が増加した。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

結果より、去年と今年の結果を比べて地点①, ②は湿地環境が継続されているが、地点③, ④は湿地環境ではあるが、地点①, ②に比べて富栄養化が進んでいると考えられる。

富栄養の指標であるミゾソバの分布について次のように3つの可能性を考察した。

- i. 地点③, ④の端は特に傾斜になっているため、人間の手が加わっていない湿地外の土から雨や土砂として栄養分が流入しやすいと考えられる。そのため、傾斜になっている近くは富栄養化しやすいのではないかと考えられる。また、種子の発芽には土の栄養分よりも日光、温度、水、酸素などの条件が必要であり、発芽後に外の富栄養化状態の土へ根を伸ばしていると推測した。更に、端に多く生えていたことから、調査地の外へと根を伸ばすことは容易なことではないかと考えられる。
- ii. 前述したように、調査地の端は傾斜になっているので、完全に土の入れ替えがされていなかったとすると、傾斜の部分に生えている個体に関しては、湿地内の栄養分に関係なく以前からその場所に生えていたと考えることもできる。
- iii. 2019年1月、トンボ公園では貧栄養化の解消のために地点①の土を入れ替えた。植生マップを比べると去年から今年にかけて地点①は土の入れ替え後で富栄養環境を好む植物が減少し、入れ替えの行われていない地点④では富栄養環境を好む植物が変わらず生息していた。そのためトンボ公園の土の入れ替えが有効であったと言える。しかし、この貧栄養化は一時的なものにならないように対策が必要。

IV. 個体数調査結果について

- ・ハッチョウトンボの最盛期は7月であり、2019年の調査はこの時期に行ったが、今回は1ヶ月早い6月の初めに行った。そのためにトンボ公園で昨年より今年の個体数が減少したとも考えられるかもしれないが、大幅に減少しているため、トンボ公園の環境が昨年よりハッチョウトンボにとって住みにくくなったのかもしれない。
- ・地点③では、2月に草刈や土壌の入れ替えを行ったための一時的な現象であり、次の3点が推測できる。1つ目に「土壌を入れ替える際にヤゴも一緒に取り除いてしまったから」、2つ目に「地点③では草が少なく隠れる場所が少ない」、3つ目に「カエルの数が増えたから」ということである。地点④では、枯れた草が堆積して乾燥化が進んでおり、草が多く生えている。そのため、産卵をするメスやエサとなる昆虫が隠れることができる草が多くある地点④では、メスのほうが多く生息しているのではないかと思う。オスだけのグラフを見ると、地点②のオスの減少率はほかの地点よりもゆるやかであることから、地点②の乾燥化は他の地点よりもゆるやかであるといえ、またこういった遷移が緩やかな環境を好むのではないかと考えられる。

- ・地点①では昨年2月、地点③では今年2月に土壌の入れ替えを行っている。トンボ公園の遷移段階は低い順に地点③→①→②→④である。結果から土壌の入れ替えを行った地点③では、ハッチョウトンボ自身や、エサとなる昆虫が隠れられる草が少なく、地点④では、ハッチョウトンボが水面の光の反射を捉えることができないくらい草が表面を多く占めておりハッチョウトンボが生息しにくい環境であった。(ただし、モートンイトンボやキイロイトンボなどは住むことができる。) このことからハッチョウトンボはとても繊細な生き物だとわかる。地点②くらいの遷移段階が丁度良いのではないかと思う。植生調査の結果から、優占種が占める割合が大きくなっていることから多様性が失われつつあるといえる。そして多様性の単一化もトンボ公園での個体数の減少の要因の一つとなっているのかもしれない。
- ・自然湿地では、メスの変化率よりもオスの変化率が大きいことからオスの好む環境になってきているといえる。さらに、オスの縄張り争いが局所で見られたため(オスはより良い環境を独占するために、縄張りをつくる)、自然湿地はハッチョウトンボにとってとても住みやすい環境だといえる。トンボ公園では、環境DNAが検出されていないことから、自然湿地で生まれ育ち、成体の時に一時的にトンボ公園に来ている個体もいると思う。そして今年はトンボ公園の環境が昨年よりも適さなかったため自然湿地に留まる個体が多かったのではないかと考える。去年よりも自然湿地の遷移は進んでいたことから、単に遷移段階の低い貧栄養の土壌を好むのではないといえる。確かに、土壌が富栄養状態であると、別のトンボが住み着きそれらとの競争に負けるためその土地に住むことはできないが、逆に極度の貧栄養状態ではハッチョウトンボ自身もエサとなる昆虫や産卵場所が少なくなったりするので住みづらいのかもしれない。
- ・したがって、この調査は10年、20年…と続けて初めてハッチョウトンボに適する環境のバランスが分かってくると思われるので、今後も継続して自然な遷移とともに、データを取る必要がある。また、メスは体色や生息場所などから見つけにくいいため注意を払っているが個体数があまり確認されないのかもしれない。メスもオスと同じくらい生息しているのではないかと思い、今回の調査で個体数が増えていたことから、来年の個体数調査に期待したい。

6. 結論

(総括と今後の課題)

I～IVの調査の結果の総括

- ・今年自然湿地の環境DNAは、継続的に検出されていることから、来年もトンボの発生が期待できる。
- ・トンボ公園の土の入れ替えが有効であったと言える。しかし、この貧栄養化は一時的なものにならないように対策が必要。
- ・トンボ公園にいるトンボは、自然湿地で生まれ育ち成体の時に一時的にトンボ公園に来ている可能性がある。
- ・この調査は10年、20年…と続けて初めてハッチョウトンボに適する環境のバランスが分かってくる。今後も継続して自然な遷移とともに、データを取る必要がある。

(今後の展望)

今回の調査で環境 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つの湿地の状態と1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。

今後の目標としては、水試料から検出される環境 DNA 濃度は強い正の相関がみられることが期待できるため、環境 DNA を用いたハッチョウトンボのヤゴの個体数の推定を目指している。⁸⁾ また、トンボ公園の環境整備の方法やタイミングなども有効な手段を考えていきたい。

そのため、来年度のトンボ発生までに行っておきたいことは、次の3点である。

- ハッチョウトンボのヤゴから放出される環境 DNA 量の測定・定量
- トンボ公園及び自然湿地の水質調査
- 同定することのできなかつた植物種の同定

これらの調査を行い、今回集めたデータとともに、今後の活動に生かしていきたいと考えている。

7. 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

8. 謝辞

プライマーの設計、作成にご協力いただいた神戸大学大学院人間発達環境学研究科の源利文准教授及び坂田雅之様、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、ハッチョウトンボの生息環境等についてご助言をいただいた島根県立三瓶自然館サヒメルの皆木宏明学芸員、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。