

ミズアオイの生育に最適な環境を探る [最適な土壌]

学校法人静岡理工科大学静岡北中学校・高等学校

科学部 2 年 石切山大智 他 1 名

1. 動機

ミズアオイは環境省が定めているレッドリストで準絶滅危惧の指定を受けている植物です。今回の研究において私達がミズアオイに着目した理由は、静岡北高等学校の付近にある麻機遊水地の第 3 工区が、全国有数のミズアオイの保全活動をしている場所であったからです。そして、準絶滅危惧種に指定されているミズアオイがどのような方法で保全されているのか。また、人の手によって整備された結果としてミズアオイの生息域は拡大しているのかを確認するためである。

2. 方法

(1) 昨年の研究でミズアオイ植生地 3 地点の土壌を採取して礫、砂、泥、腐葉土の割合を調査した。その結果をもとに作成した土壌を No. 1～7 とする。

Fig. 1：実験に使用した土壌の礫から泥、腐葉土の割合（乾燥重量%）

No.	礫	砂	泥	有機物
1	15	55	5	25
2	15	55	10	20
3	15	55	25	5
4	35	45	5	15
5	20	45	15	10
6	15	45	45	5
7	55	35	0	10
8	95	0	5	0
9	0	95	5	0
10	0	0	100	0
11	0	0	5	95

前年の研究結果を参考に作成した土壌である No. 1～6 のうち、No. 1～3 では礫と砂の割合を固定し、泥、腐葉土の割合を変化させた。また、No. 4～6 では砂の割合だけを固定し、礫、泥、腐葉土の割合を変化させることにした。No. 7 については、前年の結果を参考にミズアオイが生育することが難しいと考えられる割合に設定する為、礫の割合を高めに設定した。No. 8～11 については、ミズアオイの最適な土壌を探すために作ったものではなく、そもそも土壌の配合は必要なのかを裏付けるために作ったものである。そして、これらの土壌に 3 株

ずつ植えて、経過観察を行った。No. 1～7を7月6日から8月14日の40日間、No. 8～11を8月8日から8月26日の18日間観察を行った。観察の際には、外気温、湿度、天候、水温、土壌のpH、ミズアオイの草丈を記録した。また、ミズアオイの栽培を開始して30日目に、ミズアオイの茎と葉の糖度測定を行った。方法として、No. 1～7で育てているミズアオイの苗から1本分の茎と葉を採取し、すり鉢ですり合わせた。そして、駒込ピペットで1mLの蒸留水を加えて糖度計で測定した。

(2) 静岡理科大学で土壌の詳しい成分分析を、走査電子顕微鏡(SEM)を用いて行った。成分分析を行ったサンプルは、麻機遊水地のミズアオイが植えられていた土壌と土壌に大量に付着していた橙色の物質の2つである。土壌と橙色の物質の調べるサンプルを2つずつ作成し、走査電子顕微鏡の中に入れる。そして、1つのサンプルからランダムに3つの微細な粒子を選び、電子を当てて成分を分析した。

3. 結果

(1) から、ミズアオイの土壌による生育状況を調べた結果がFig. 2である。成長の幅が大きい順にNo. 6、No. 3、No. 4、No. 5、No. 2、No. 7、No. 1となっており、泥の割合が多くなるほど成長する傾向があった。糖度も成長がいい個体ほど高い傾向が見られた。

Fig. 2 : No. 1～7のミズアオイの生育状況
(表中の単位はcm)

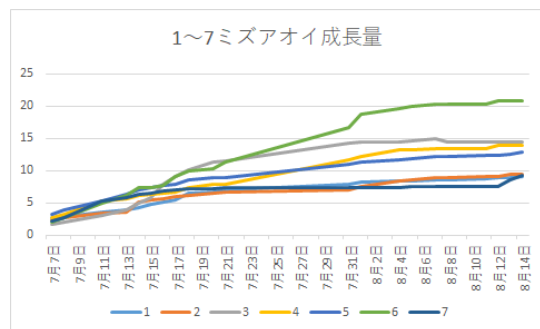


Fig. 3 : No. 6のミズアオイ Fig. 4 : No. 1のミズアオイ

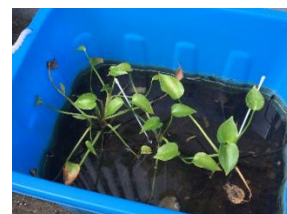
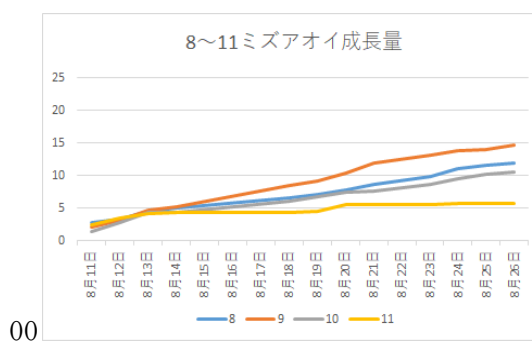


Fig. 5 : No. 1～7ミズアオイの糖度

No.	糖度(%)
1	1.1
2	0.9
3	1.1
4	1.2
5	0.8
6	3.2
7	0.4
平均	1.24

Fig. 6 : No. 8～11のミズアオイの生育状況



(表中の単位は

No. 8～11の土壌で栽培を行った結果をFig. 6に示した。成長の幅が大きい順にNo. 9、No. 8、No. 10、No. 11である。No. 8～11のミズアオイでは、No. 9が最も成長し、No. 11はある程度まで成長したが、その後枯れた。

Fig. 7 : No. 8のミズアオイ Fig. 8 : No. 9のミズアオイ



Fig. 9 : No. 10のミズアオイ Fig. 10 : No. 11のミズアオイ

日	2	3	4	7	9	10	11	12	13
気温 (°C)	26.7	24	26.5	21.3	24.9	28.1	24.5	22	24.3
湿度 (%)	83	83	68	79	69	47	54	88	84
日	15	16	26	27		31	33	34	37
気温 (°C)	25.1	27.6	28.8	32.1	31.6	32.6	36.2	38.4	33.5
湿度 (%)	56	32	26	17	18	18	16	17	15
日	38	39	40	Fig. 11 : 1～7を観察した40日間の気温と湿度					
気温 (°C)	31.6	33.3	33.5						
湿度 (%)	19	19	18						

ミズアオイの生育は土壌中の泥の割合が高いほど生育が良い傾向にあるが、100%泥である土壌中での生育は良いわけではない。土壌の泥の割合が100%で育てた個体では、土壌中に礫・砂が存在するものより根がしっかりと張れていなかったが葉の数は明らかに多かった。梅雨明け（8月1日）27日目以降、全ての試験区で成長の幅が小さくなった。No. 1～7では個体の成長に1週間ほどで差が出始め、生育がいいNo. 6と、生育が悪いNo. 1とNo. 2、No. 7、その中間の成長量であるNo. 3とNo. 4、No. 5の大きく3つのグループに分かれ、40日間で最大10cmの差ができた。95%腐葉土で構成されている土壌のNo. 11は苗を植えてから12日目で枯れ始め、18日目で完全に枯れた。根には藻が生えていたり、土壌の中には虫が湧いていたりした。試験区No. 8～11でもNo. 1～7と同様に一週間ほどで草丈に差が出始めた。気温が30.0°Cを超え湿度が20%を下回った27日目以降、No. 1～7の試験区のミズアオイの成長が停滞し始めた。No. 8～11はNo. 1～7より後に実験を開始した為、生育時期の気温が30.0°C以上、湿度20%以下の日がほとんどを占めていた。そのためかNo. 1～7と比べ、白い斑点が葉の一部に見られた。気象庁の統計より、8月の全天日射量の月平均値が1974年から2020年までで最も高く、日平均気温も29.2°Cで最も高かった。降水量の差も7月818.0mm、8月59.0mmで最も大きかった。また、麻機遊水地のミズアオイ植生地の土壌を採集する際、植生地及び周辺近くに橙色の物質が溜まっていた。（2）

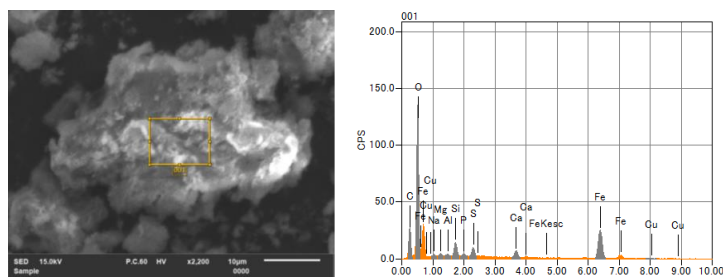


Fig. 12 麻機遊水地のミズアオイ植生地の土壌の周りに付着している橙色の物質の分析結果1 (×2200)

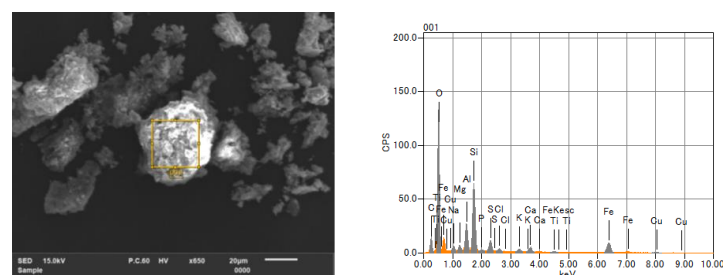


Fig. 13 麻機遊水地のミズアオイ植生地の土壌の周りに付着している橙色の物質の分析結果2 (×650)

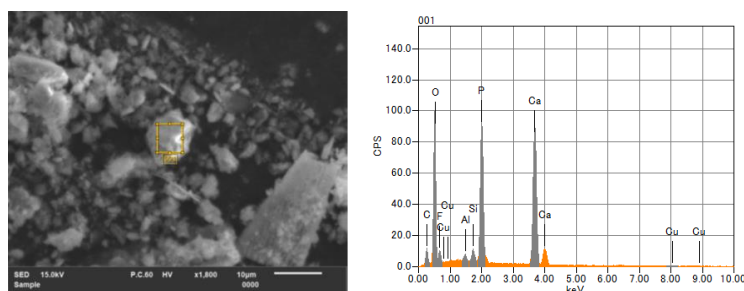


Fig. 14 麻機遊水地のミズアオイ植生地の土壌の分析結果1 (×1800)

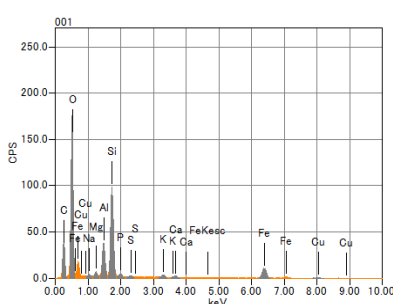
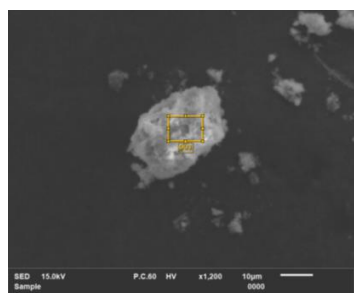


Fig. 15 麻機遊水地のミズアオイ植
生地の土壌の分析結果2
(×1200)

走査電子顕微鏡を使用して、土壌と橙色の物質の成分分析を行なった結果橙色の物質からはかなり多く鉄が含まれており、銅やカルシウムなども検出された。そして、微量ではあるがチタンも検出された。Fig12 では鉄と酸素の質量の割合がほぼ同じであり鉄が約 4 割を占めるという結果も出た。通常の土に含まれている鉄の割合が 3～4 % であるので約 10 倍多く含まれていることが分かった。さらに、土の主成分であるケイ素やアルミの割合が通常と比べてかなり低かった。土壌からも鉄やカルシウム、銅などが検出された。また、微量ではあるがフッ素も検出された。Fig14 では通常の土壌よりも土の主成分であるケイ素やアルミニウムが非常に少なかったが、カルシウムの割合が約 25 % と多く検出された。但し、この成分分析の結果はあくまで参考程度のものであり、精密なものではない。

4. 考察

今回の実験から、ミズアオイをより大きく育てる土壌には泥の割合が 50% 程度と高く設定することが適していると考えられる。また、100% 泥の土壌では生育が悪かったところから、全て泥にするのではなく、根が張り巡らしやすいように礫・砂を含んでいる土壌の方がより生育に適していると考えられた。さらに、天

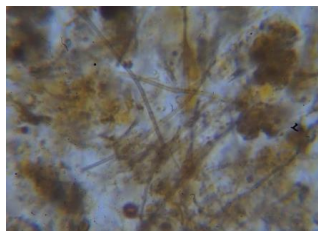


Fig. 16 麻機遊水地で
採取した橙色の物質
(×400)



Fig. 17 大分市のホーム
ページに記載されていた
鉄バクテリアの画像

候と成長の関係を見てみるとミズアオイの成長に適した気温は 30.0℃ 以下、湿度は 20% 以上であり、直射日光が射さない曇りがちの天気が適していると考えられた。今回の自作土壌の結果から、今年度の試験区の土壌は礫・砂・泥・腐葉土の割合が最もミズアオイの生育に適した試験区 No. 6 に近かったため、土壌的には適した所であると考えられた。本年度は、麻機遊水地でのミズアオイの生育状態が全体的に良くなかった。ミズアオイが生育している土壌自体は、昨年と殆ど違いが見られなかったため原因では無いと思われる。そのため、生育状態が良くない原因は土壌の割合以外の要因にあると考えられる。8 月は 1974 年から 2020 年までで日平均気温が最も高いため、ミズアオイが暑さに耐えられなかった可能性が挙げられる、また梅雨明けした 8 月 1 日から急激に天候が変化した為、ミズアオイの生育が悪くなった可能性も挙げられる。急激な気候の変化により酵素がうまく働かず、光合成に必要な量の鉄が取り込めなかった為、光合成不足により枯れてしまった可能性も新たに出てきた。麻機遊水地のミズアオイの植生地で発見された橙色の物質については、走査電子顕微鏡による解析と光学顕微鏡を使った観察を照らし合わせた結果、鉄バクテリアである可能性が高いと結論付けた。理由としては、大分県大分市の Web サイトに記載されていた鉄バクテリアの画像 (Fig. 17) と、麻機遊水地で採取した橙色の物質の光学顕微鏡での画像 (Fig. 16) を照らし合わせてみると、線状の鉄バクテリアの部分が酷似している。また、橙色の物質からはかなり多い量の鉄が検出されている。線状の物が鉄バクテリアであれば、橙色の物質が水中に存在していた鉄が沈殿したものになり、鉄の成分が多く含まれていることにも合点がいく。

5. 展望

麻機遊水地のミズアオイの植生地の土壌の割合は、おおむね適していると考えられる。しかし、土壌の成分は完全に適しているとは言い切れない。今回の実験から、ミズアオイの生息地が拡大しない理由として、最適気温・最適水温及び湿度が現在の麻機遊水地付近の気象とは異なっている可能性が挙げられる。また、急激な天候の変化にミズアオイが適応できなかったことや、土壌の成分の偏りがミズアオイに影響を与えた可能性も考えられる。そして、電子顕微鏡で成分分析を行った橙色の物質については、鉄の成分が異様に高かった為、水酸化鉄ではないのかと考えた。私達は今回の研究を行ったことで新たに3つの課題が生まれた。

1つ目は、成分分析の結果から多く検出された鉄の発生源についてである。通常土壌の鉄の含有量は3%~4%ほどになっている。しかし、今回の成分分析の結果では橙色の物質及び土壌から40%程の鉄が検出された。こんなに多量の鉄がどこからやってきたのか、今後調査していきたい。

2つ目は、今年のみ水酸化鉄と考えられる橙色の物質が、ミズアオイの植生地で大量に発生した原因を突き止めることである。橙色の物質については昨年現地調査でも観察されていた。しかし、今年は昨年と比べ物にならないほど発生していたのである。その為、橙色の物質の大量発生の原因について、昨年と今年の違いを調査していきたい。

3つ目は、土壌の割合が等しい場合、成分の違いによってミズアオイの生育状況に差はどれほど変わるのかの確認である。今回の研究ではミズアオイにとっての最適な土壌をある程度見つけ出すことができた。そこで、土壌の割合を固定し成分だけを変化させた場合、どれほど生育に差が出るのかを調査していきたい。そうすることで、さらにミズアオイにとっての最適な土壌を作れるようになる考えたからだ。

以上の事から、今後も引き続きミズアオイの最適水温・最適pHを探し出し、よりミズアオイの最適な生育環境を調べていくと同時に、麻機遊水地のミズアオイ植生地以外の土壌の成分分析を行う必要があると考えている。さらに、走査電子顕微鏡だけでなくX線を使用して土壌の正確な成分分析を行っていきたいとも思っている。また、水酸化鉄がミズアオイの生育に影響があるのか、その影響の大きさはどれほどなのか確かめる必要がある。

6. 謝辞

本研究を進めるに当たり、学校法人静岡理工科大学先端機器分析センター講師脇川祐介様には電子顕微鏡の使用方法について重要な示唆を賜りました。厚く御礼を申し上げ、感謝する次第です。

7. 参考文献

1) 環境省・2020・環境省レッドリスト2020

<https://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/gbank.gsj.jp> (2020-06-1)

2) 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター・地質を学ぶ、地球を知る

https://gbank.gsj.jp/geowords/picture/illust/mud_sand_gravel.html (2020-03-11)

3) 日本気象協会・梅雨入りと梅雨明け・tenki.jp (2020-09-17)

4) 大阪府河南町・川の底が赤く濁っていて、油のようなものが浮いている?・・・正体は鉄バクテリアでした!・

http://www.town.kanan.osaka.jp/bosai_bohan/anzenanshinjoho/1393892701335.html (2020-09-20)

5) 小島貞男先生・公益財団法人島根県環境保健公社「水の博士」・

<https://www.kanhokou.or.jp/about/13/66/122> (2020-10-01)

6) 大分市ホームページ・河川が赤い、油のようなものが浮いている? 正体は鉄の酸化皮膜かもしれません・

<http://www.city.oita.oita.jp/o141/machizukuri/kankyo/1484808229383.html> (2020-10-5)