

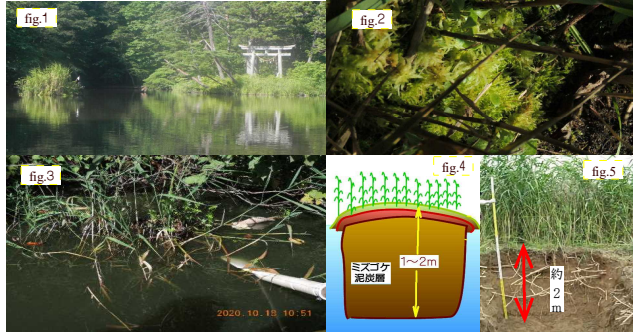
「地学」

大沼浮島の探求2020-浮島存続の危機に立ち向かう2

山形県立山形中央高等学校 文理科学部

3年 白井壮一郎・石垣将成・中間翔太

I はじめに:大沼は山形市の西北西23km、標高306mに位置する。2010年よりこの沼に漂う浮島(Fig.1)や大沼の地象を切り口に代々8つの研究をしてきた。



2020年7月オオミズゴケ(以下ミズゴケ)がほぼ消失し、畦で見かけるハイゴケ等へ変わったことに気づいた。加えて小さな浮島の殆どが崩れ、沈みかけていた(Fig.3)。浮島はミズゴケ泥炭にアシ等の根が侵入して形成される(Fig.4)。ミズゴケ消失は本来の湿性遷移より速く浮島が失われると判断した。またアシは浮島の浮力の主因であり同時に深く根を張りミズゴケ泥炭をまとめアンカーとしている(Fig.5)。過去の研究でニカメイガなどの食害でその働きを失われていることを指摘したが、回復されてはいなかった(山中高2013)

これを受けて昨年は水質を調べ、ミズゴケ消失の原因と考えられる富栄養化・pH・金属など不都合な環境下で室内栽培で影響を調べた。また現在の浮島は人工的に切り出しているため現地調査を行った。

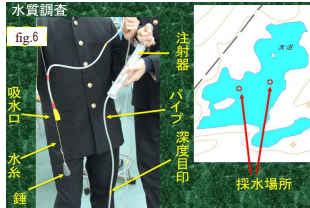


fig.7 大沼の水質 mg/L(ppm)

	沼南中央 水深0.5m	沼南中央 水深1m	沼南中央 水深2m	機橋沖 水深0.5m	機橋沖 水深1m	機橋沖 水深2m
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<1	<1	<1	<1	<1	<1
pH	6.5	6.0~6.5	6.5~7.0	7.0	6.5	6.5
COD	>8	>8	6	>8	>8	>8

結果パケットテストで無機塩類に大きな異常は無かったが、検出限界値以上の溶存有機物が表層から底層まで検出された(Fig.7)。

fig.8 富栄養環境下のオオミズゴケの伸長量mm n=20

希釈倍率	水	2000	1000	500	200
平均	9	7	2	3	1
最大	20	15	5	7	3
最小	1	2	0	0	1
実験前pH	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6
実験後pH	7.7	7.9	7.3	6.8	3.7
その他		芽胞大	アオコ	アオコ++	アオコ+++

室内栽培で、成長・肥大率計測と引張試験で腐朽率を調べた。富栄養化の害は大きく成長阻害も腐朽率も著しかった(Fig.8・9)。ミズゴケはアオコにおおわれ、腐って溶けたようであった。

fig.9 富栄養環境下のオオミズゴケの引張試験g n=20

希釈倍率	水	2000	1000	500	200
平均	2.40	2.40	17.2	18.9	162
腐朽率	0	5	15	25	35
実験前pH	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6
実験後pH	7.7	7.9	7.3	6.8	3.7
その他		芽胞大	アオコ	アオコ++	アオコ+++



pH・金属の影響は腐敗によりすぐぢれる個体の割合を腐朽率とし、ミズゴケ茎葉体の引っ張り強さを引張試験で調べた(Fig. 10)。塩基性環境で成長阻害と腐朽率が高

くなり、金属ではCaで腐朽率が高まった。また特に火山性地下水に多いチオ硫酸ナトリウムでミズゴケ自体の環境調整力も観察された。ここでは環境のpHを下

fig.11 各種イオン下のオオミズゴケの伸長量mm n=20 (pHは n=3)

無機塩類	無処理	H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
平均	7	1	3	3	3	2	0
最大	15	3	5	4	6	5	2
最小	2	0	1	2	1	0	0
実験前pH	7.6	7.4	7.2	8.0	7.6	7.6	1.8
実験後pH	7.7	7.0	6.0	9.0	6.0	3.8	2.0
その他		生形停止		生形停止	鮮緑	白化	

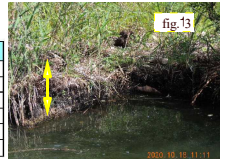


fig.12 各種イオン下のオオミズゴケの引張試験 g n=20 (pHは n=3)

無機塩類	無処理	H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaHCO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
平均	2.40	2.48	25.7	15.7	17.0	23.5	2.41
腐朽率	0	5	2.0	1.0	1.5	2.5	0
実験前pH	7.6	7.4	7.2	8.0	7.6	7.6	1.8
実験後pH	7.7	7.0	6.0	9.0	6.0	3.8	2.0
その他		生形停止		生形停止	鮮緑	白化	

げて、緑豊かに生育していた。一方、ホウ酸や硫酸などの殺菌力の強い酸性環境では、ミズゴケの生育は抑えられていたが、反面腐朽率は低下し、引張試験からもミズゴケの劣化が観察されなかった。これよりミズゴケの劣化には微生物の活動が関わると推測され、富栄養化はこれを促進していると考えられた(Fig.11・12)。

現地調査で、浮島切り出し跡が、富栄養化した沼水に晒され、泥炭層全体が浮島の土台として劣化しており、これが小さな浮島が崩れ、沈む原因であることがわかった(Fig.13・山中高2020)。

II 今年度の目標

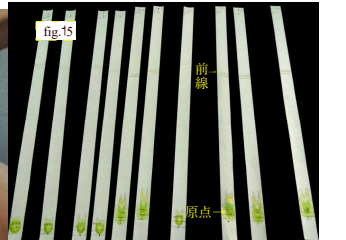
当初ミズゴケやアシの生育阻害は、アオコのアレロパシーと考え調べた。しかし、アオコから動物へと植物からアオコへのアレロパシーの文献は多数見いだされたが、アオコから他植物への文献は、Chen.J.が中華人民共和国の蠡湖や太湖等で行ったイネやセイヨウアブラナなどで阻害を受けたものしか無かった。また大沼で2021年度は長雨と低温でアオコはわずかしこ発生しなかった。

このため、採取してきたアオコを200倍希釈ハイポネクス溶液と人工照明で培養し、その抽出物でアシやミズゴケを栽培し、調べることにした。尚、採取してきたアシの種子が発芽しなかったため、代わりに同じイネ科のエンバクを用いた。

III 材料と方法

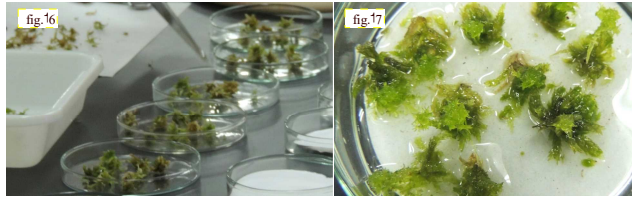
①抽出液の調整

約800mLのアオコ培養液を吸引ロートで濾別し、濾紙ごと強制風乾した。これをメタノール3:アセトン1で抽出し、ペーパーを媒体としヘキササン展開したものをRf値で10区分し、それぞれの影響下でミズゴケ頂端およびエンバク種子の伸長・肥大率を調べた(Fig.14・15)。



ミズゴケは川西町の遊歩道建設予定地から得、使用まで冷蔵庫で保存し、エンバクは市販品を用いた。

期間はミズゴケとエンバクの伸長が2021/11/2-12/3の1ヶ月、発芽率は2021/12/2-12/10とした(Fig.16・17)。



#### IV-1 結果 エンバクの発芽率と伸長量

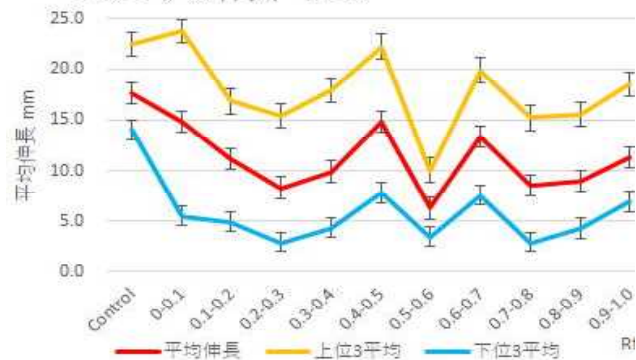
発芽初期のみ発芽率低下が見られ、数種の発芽阻害物質の可能性があった。その後第1子葉が開く頃から伸長差は無くなり、実験期間終了時にはほぼ差は無くなった。少なくともエンバクにはアオコからのアレロパシーはあっても小さいと考えられた(Fig.18・19)。



#### IV-2 結果 ミズゴケの伸長量と肥大量

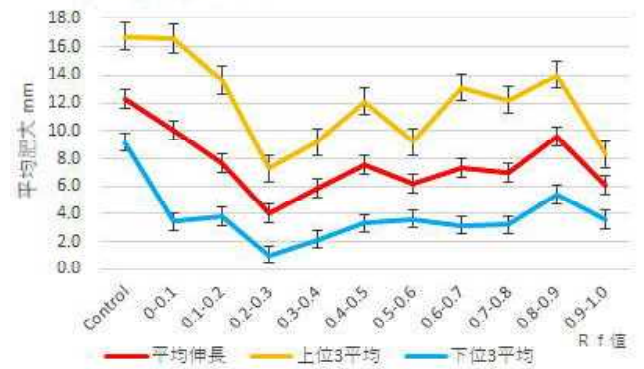
Rf値0.2-0.3,0.5-0.6,0.7-0.8で伸長量が低下したことから、アオコ成分にはミズゴケに対し少なくとも3つ以上の伸長阻害物質が存在していると考えられた(Fig.21)。特にRf 0.5~0.6の物質の阻害効果は大きい。

fig.21 ミズゴケの伸長 n=10



芽の肥大阻害結果は伸長阻害と異なりRf値0.5-0.6での阻害効果は著しく大きくはなかったが、Rf値0.9-1.0での阻害が見られた。またRf値0.2-0.3では、伸長も肥大も阻害されていた。茎葉体の伸長は、細胞や液胞の伸長に関わり、芽の肥大は細胞分裂に関わっていると考えられる。このため伸長と肥大結果に差が生じたと考えた(Fig.22)。

fig.22 芽の肥大 n=10

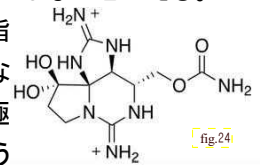


また、ヘキサシアン展開でRf値0-0.1で大きな阻害が見られなかったことから、阻害物質は無極性の脂溶性物質であると推定された(Fig.22)。

動物に対し猛毒性を示す藍藻毒のマイクロシスチンは7つのアミノ酸でできた同族体とされる。脂溶性のルテイン様色素は0.15であったため(Fig.23)、マイクロシスチン同族体は水溶性でRf値0-0.1と思われる。結果よりこれらは強い植物毒にはならないようだ(Fig.21・22)。

同じ藍藻毒のシリンドロスポモプシン・アナトキシンも水溶性であった。両藍藻毒共Rf値は小さいと思われミズゴケ成育を阻害した植物毒ではないといえる。

サキシトキシンについては脂溶性水溶性について調べられなかったが、右構造式であり、極性が大きく水溶性であることがうかがえ、求めている植物毒から除外される(Fig.24)。



以上より、アオコのミズゴケに対する植物毒性の原因物質は、まったく究明されていないことが分かった。

#### V まとめ

朝日町大沼は自然豊かな清々しい環境の中にある。しかし「浮島の保全」に目を向けると、厳しい現状が見えてきた。なにより沼の富栄養化がきびしい。集水面積が狭く、大沼の面積約18200m<sup>2</sup>で平均水深2mとすれば、36400m<sup>3</sup>の沼水に対し、年間降水量や集水面積から算出した流入出量は毎秒わずか3L(=0.003m<sup>3</sup>)であり入れ替えは困難である(山中高2019)。アシの保全と共に、保護活動が急務であると考えた。

最後に、阻害物質がなぜ「脂溶性」か考えた。脂溶性であれば、水中で拡散・希釈されることなく、付着した植物に細胞膜を通じて浸透し、可能性としては細胞核周辺を受容体に作用して阻害するのかもしれない。参考文献: Chen, J., et al: Effects of microcystins on the growth and the activity of superoxide dismutase and peroxidase of rape and rice Toxicon, 43, 393-400 (2004)、Wikipedia、アオコの有毒物質を探る <https://qr.paps.jp/LZNAz>