

学内ビオトープ池における アオミドロの発生抑制に関する研究

工藤 祐希* 渡部 守義**

Controlling the growth of spirogyra in the school biotope
Yuki KUDO, Moriyoshi WATANABE.

ABSTRACT

Recently biotope production has increased. However biotope management is difficult, and a scene often worsens because of water pollution. In this study, water quality investigations of the biotope were conducted in the school courtyard to understand its current condition. As a result, it was found that the biotope has excessive trophic throughout the year. The purpose of this study is to suggest a growth control method of the spirogyra in the biotope using the HSI method. The spirogyra grows a lot from summer to autumn, and it adversely affects the ecosystem in the biotope. SI curves of water temperature, phosphorus concentration and hours of daylight were made by documents investigation, and an environmental evaluation of the habitat for inhibiting the growth of the spirogyra was performed. Following the SI curves, the current condition of the biotope was found to be very favorable for the growth of spirogyra. Research results suggest that changes in water temperature and the amount of daylight and nutrient salt affect the growth of spirogyra in the biotope.

KEY WORDS: biotope, SI(Suitability Index) curve, spirogyra

1. はじめに

1・1 背景と目的

ビオトープとは、ドイツ語由来の“生き物(bio)のいる場所(topo)”を意味し、“特定の生き物（動植物）が生息するあるまとまりをもった空間”のことを言う¹⁾。

近年、日本では環境共生の理念のもとで、「ビオトープ」を保全・創造していこうとする動きが生まれた。そして、ある生物を保護するとしてもその生物単体の採取を規制するだけでは意味がなく、その餌となる生物や繁殖地、さらに餌となる生物が食する植物など、関連する自然生態系全体を維持する必要があることが次第に認識されてきた。本校の学内ビオトープ池では、秋季にアオミドロが大量発生し景観を損ねている。

本研究では大量に発生するアオミドロに着目し、アオミドロの生態学的特徴を調べ、その発生抑制のための管理手法を提案することを目的とする。

1・2 学内ビオトープ池の概要

学内ビオトープ池（図1）は、明石高専の中庭に位置し、貯水面積が約 80[m²]、貯水量が約 60[m³] の長方形の池を 2009年に改修したものである。寸法は、縦約 7[m]、横約 12[m]、水深は約 70[cm]である。学内ビオトープ池は、壁面に生物の住める空間を作るため、コンクリート壁の前に石垣を積んで護岸を築き、多孔質となっている。また水深に変化がつくように工夫されている。コンクリート壁面と石垣の間には真砂土が投入され、さらに

*建築・都市システム工学専攻 **都市システム工学科

真砂土が流出しないように、石垣の内側にはヤシマットが入れられている。ヤシマットは腐食していくが、植物が根を張り安定してくれば土の流出も抑えられる。また、ビオトープ池の中央には石垣の島が作られ、橋を渡り、池の真ん中の島から池を観察できるようになっている。

2. 学内ビオトープ池の水環境

2・1 水質環境

本研究において測定した水質項目は水温、pH、導電率、DO、ORP、TDS、塩分、クロロフィル a、透視度、濁度、色度、SS、COD、全窒素、全リンである。調査は平成 23 年度と平成 24 年度に行い、平成 23 年度は週 1 回、平成 24 年度は月 2 回の頻度で行った。

学内ビオトープ池は水の入れ替えは頻繁に行われていないため、降雨に含まれる栄養塩や枯れた植物が堆積することで、富栄養化しやすい状態にある。窒素やリンなどの栄養塩類は、植物プランクトンの養分となるので窒素やリンが増えれば、植物性プランクトンも増加する。その結果、動植物の死骸などの有機物が増え、有機汚濁を引き起こすことになる。

図 2-1、2-2 にそれぞれ平成 23 年度と平成 24 年度の全窒素および全リンの測定結果を示している。本研究では無機態窒素を全窒素とし、オルトリン酸態リンは全リンとしている。

富栄養化の目安は、全窒素で 0.2[mg/l]、全リンで 0.02[mg/l]程度である²⁾。各年度の全窒素および全リンの測定結果は、富栄養化の基準値と比較して高い水準を示しており、ビオトープ池は富栄養状態にあると判断できる。

図 2-3 に COD の変化を示す。平成 23 年度の COD 値は環境保全基準である 8[mg/l]³⁾を上回ることはなかった。しかし平成 24 年度の COD 値は平成 23 年度に比べて悪化し、12 月から 1 月を除く一年を通して高いレベルを保ったままであった。

本学内ビオトープのような閉鎖性水域における富栄養化状態を改善するには栄養塩を比較的良く吸収する植物を配置する、もしくは定期的な水の入れ替えが有効だと考えられる。今後はより水環境の改善に有効な生物を配置することを考えていく必要がある。

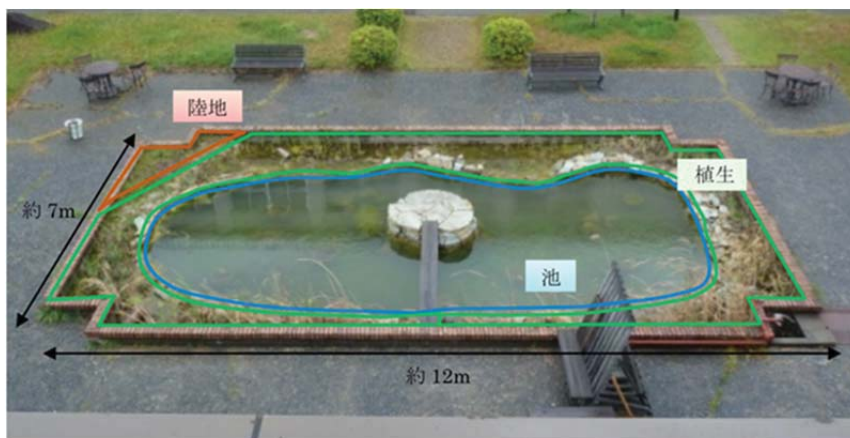


図 1 学内ビオトープ池の概要

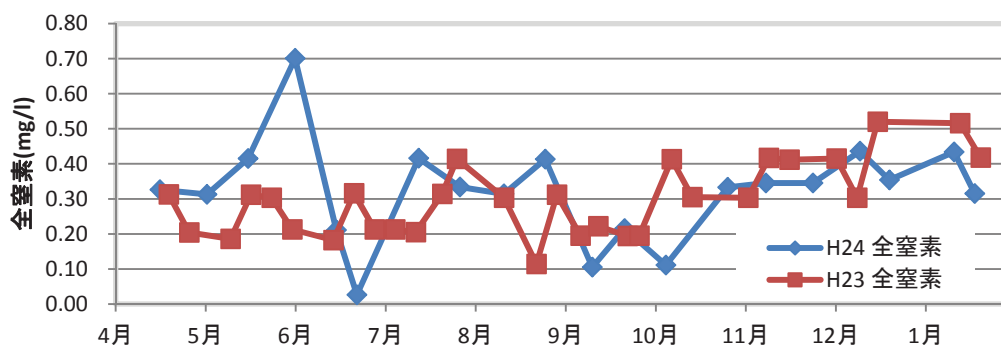


図 2-1 全窒素の時系列変化

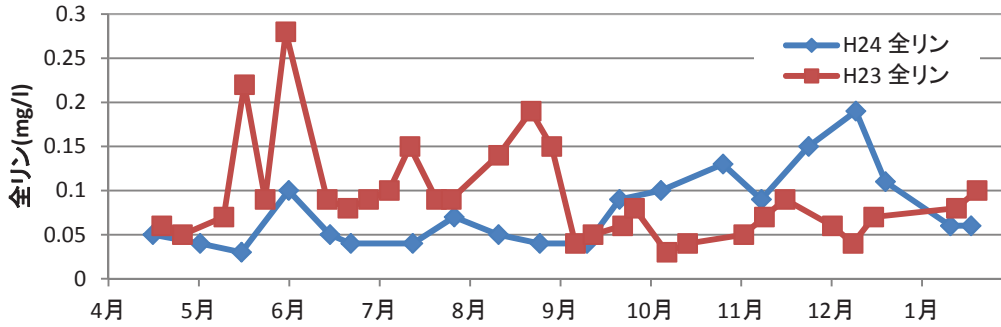


図 2-2 全リンの時系列変化

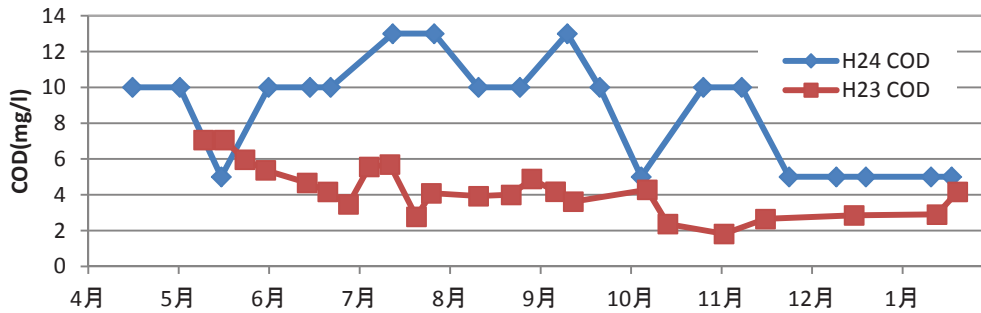


図 2-3 CODの時系列変化

2・2 生息生物

学内ビオトープ池に生息している生物魚類、プランクトン、植物、その他生息生物に分け、表 2-1 から 2-4 に示す。これらの生物は近くの水田や畑、川などに生息しているものが多い。

表 2-1 魚類生息状況

草食	メダカ (メダカ科メダカ属)
肉食	タモコロ (コイ科タモコロ属)
雑食	フナ (コイ科フナ属)
	モツゴ (コイ科モツゴ属)

表 2-2 プランクトン生息状況

動物	ミジンコ
植物	ハネケイソウ
	アオミドロ

表 2-3 底生生物生息状況

甲殻類	スジエビ 【十脚目テナガエビ科スジエビ属】
	テナガエビ 【十脚目テナガエビ科テナガエビ属】
	ヌマエビ 【十脚目ヌマエビ科】
貝類	タニシ 【タニシ科】

表 2-4 植物生息状況

浮葉植物	ジュンサイ 【スイレン科】
	スイレン (サンライズ) 【スイレン科】
	スイレン (エスカポークル) 【スイレン科】
	ヒメシロアサザ 【ミツガシワ科】
浮葉/抽水	ガガブタ 【ミツガシワ科】
抽水植物	ショウブ 【サトイモ科】
	ガマ 【ガマ科】
	ハナショウブ 【アヤメ科】
	クワイ 【オモダカ科】
	イグサ 【イグサ科】
沈水植物	—

本研究ではアオミドロに着目してその発生抑制方法を提案する。アオミドロとはホシミドロ目ホシミドロ科アオミドロ属に属する藻類の総称である。淡水中に見られ、糸状で多細胞、細胞内の葉緑体がりボン状で螺旋形になっているのが特徴である。春から初夏にかけて水田や池で大発生し、その発生方法は5月頃接合子を作り、休眠後それらが分裂することにより新しいアオミドロとなる⁴⁾。

学内ビオトープ池は一年を通して富栄養化しており、アオミドロなどの植物が増殖しやすい環境である。

3. HSI モデルを用いたアオミドロの生息環境評価

3・1 評価手順およびSI 曲線の作成手順

HSI (Habitat Suitability Index : ハビタット適性指数) モデルとは、ある土地における特定の野生生物のハビタット (生息環境) としての適性を求めるためのモデルである。モデルは、ハビタットの適性を SI 曲線として 0 (不適) ~1 (最適) という値で示す。また、HSI モデルは、ある土地が特定の野生生物のハビタットとして成立するために最低限守らなければならない条件を定量的に示したものである。よって、HEP (Habitat Evaluation Procedure : 生息場評価手続き) における「質」を担うだけではなく、野生生物のハビタットの保全を目的とした保全行為においても適用することができる。HEP には考慮すべき変数と評価内容によってレベルが 1~5 に分けられている。レベルが上がるとより多くの情報が必要となる。

本研究は、レベル 2 のハビタット適正指数 (HSI) を使用し、適性指数の決定方法には、各参考文献から読み取った SI 曲線を用いて決定する。SI 曲線はある特定の環境要因のハビタット変数とハビタット適正の相関関係を示したものである。現実のハビタットはいくつかの環境要因によって成立している。それらの条件をできるだけ正確に反映させるためには、1 つの評価種に対し複数の SI モデルを考慮しなければならない。

HSI の計算式について以下に示す。

$$HSI = \frac{\text{調査区域におけるハビタットの状態}}{\text{理想的なハビタットの状態}} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n} \dots \text{式(1)}$$

ここで、 V_i : SI(適性基準)の値

表 3-2 の文献の情報をもとに作成したアオミドロの SI 曲線を図 3-1 から図 3-3 に示す。本研究では、水温、リン溶存量、日照時間の 3 つの SI 曲線を作成した。水温は植物の成長に大きく影響する要因である。またリンは生長に必要な栄養である。日照時間は植物の成長速度や光合成に大きく影響する要因である。

HSI 値は算術平均法を用いて算出した。この方法はすべての SI が必ずしも同時に必要でなく、どれか 1 つでもあればそれなりにハビタットとして機能する場合に用いる方法である。ここでは全ての因子の重みを同じと仮定し以下の式を用いて算出した。

$$HSI = (\text{水温} + \text{リン溶存量} + \text{日照時間}) / 3 \dots \text{式(2)}$$

表 3-1 選好曲線に用いた情報

	環境要因	情報	参考文献(表3-2)
ア オ ミ ド ロ	水温(°C)	高くなると増える	文献①
		25°Cで増殖しやすく、10°C以下では増殖しない	文献②
	日照時間(h/day)	8(h/day)で多く発生	文献③
	リン溶存量(mg/l)	富栄養化だと繁殖しやすい	文献④
		短期間なら不必要	文献⑤

表 3-2 参考文献

- ①滋賀の理科教材研究委員会、日本の淡水プランクトン、図解ハンドブック、合同出版、2006年
- ②鳥根県環境生活部環境政策課：H22 宍道湖で発生したアオコについて
- ③阿部泰宜・梅津剛：ピオトープ管理におけるアオミドロの発生抑制手法の検討，土木学会学術講演会講演概要集，2006
- ④鈴木雄介：諏訪湖におけるアオコ減少要因の検討，2006
- ⑤阿部泰宜・梅津剛、ピオトープ管理におけるアオミドロの発生抑制手法の検討、http://oo.spokon.net/outline/2005/k06abe_yasu.pdf#search=、2012年1月20取得

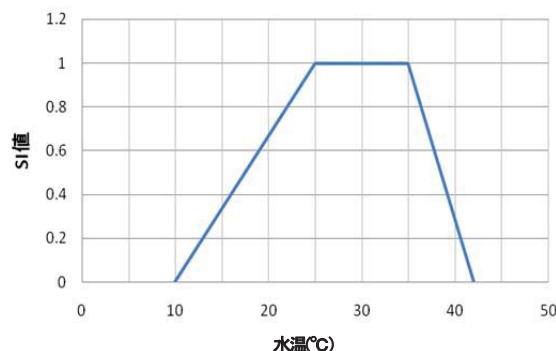


図 3-1 アオミドロの水温における SI 曲線

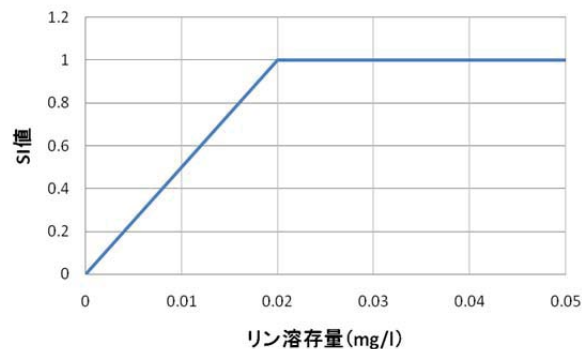


図 3-2 アオミドロのリン溶存量における SI 曲線

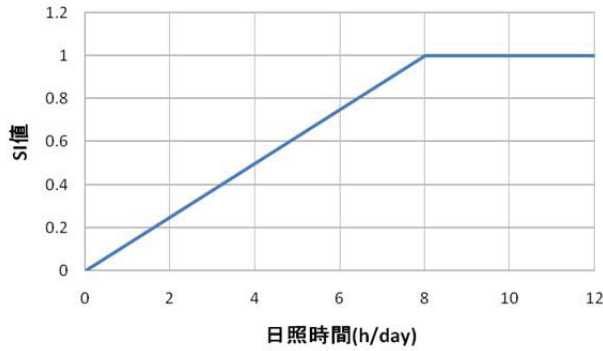


図3-3 アオミドロの日照時間におけるSI曲線

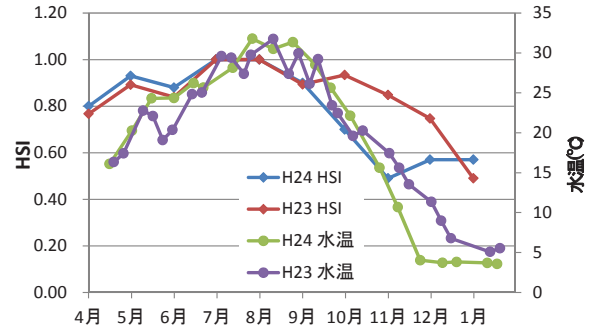


図3-4 アオミドロのHSIおよび水温

3・2 生息場評価

表3-3に水温、リン溶存量、日照時間の測定値とSI値を示す。ここで日照時間とは水中に太陽光が届く時間とし、水面が植生で覆われている面積の割合を遮蔽率として明石市の月平均日照時間に遮蔽率を乗じて算出した。図3-4は3つの要因から式(2)により計算したHSI値の結果と水温の関係を示したグラフである。図3-4よりアオミドロのHSIグラフは冬場を除いて水温の変化とほぼ同じ挙動を示すことがわかる。水温は日照時間の影響を受けており、日陰などを創出することで水温の上昇を抑えることも重要である。

表3-3 アオミドロの各項目におけるSIとHSI

		水温 [°C]	リン溶存量 [h/day]	日照時間	HSI
H23 4月	測定値	16.87	0.06	6.74	0.77
	SI	0.46	1.0	0.84	
H24 4月	測定値	16.08	0.05	7.74	0.80
	SI	0.41	1.0	0.97	
H23 5月	測定値	21.08	0.17	5.41	0.89
	SI	1.0	1.0	0.68	
H24 5月	測定値	22.98	0.03	7.19	0.93
	SI	0.87	1.0	0.90	
H23 6月	測定値	24.94	0.09	4.16	0.84
	SI	1.0	1.0	0.52	
H24 6月	測定値	25.9	0.1	5.02	0.88
	SI	1.0	1.0	0.63	
H23 7月	測定値	29.05	0.11	5.45	0.89
	SI	1.0	1.0	0.68	
H24 7月	測定値	30.00	0.04	8.07	1.00
	SI	1.0	1.0	1.00	
H23 8月	測定値	29.70	0.16	6.41	0.93
	SI	1.0	1.0	0.80	
H24 8月	測定値	30.94	0.1	9.67	1.00
	SI	1.0	1.0	1.00	
H23 9月	測定値	25.32	0.06	4.35	0.85
	SI	1.0	1.0	0.54	
H24 9月	測定値	27.08	0.04	5.46	0.90
	SI	1.0	1.0	0.68	
H23 10月	測定値	19.94	0.04	4.63	0.75
	SI	0.66	1.0	0.58	
H24 10月	測定値	18.88	0.10	7.59	0.70
	SI	0.59	0.50	0.95	
H23 11月	測定値	15.52	0.07	4.48	0.64
	SI	0.37	1.0	0.56	
H24 11月	測定値	7.35	0.15	5.78	0.49
	SI	0.0	0.75	0.72	
H23 12月	測定値	9.03	0.06	5.39	0.56
	SI	0.0	1.0	0.67	
H24 12月	測定値	3.71	0.19	6.06	0.57
	SI	0.0	1.0	0.76	
H24 1月	測定値	5.31	0.09	4.87	0.54
	SI	0.0	1.0	0.61	
H25 1月	測定値	3.62	0.06	5.64	0.57
	SI	0.0	1.0	0.71	

備考：日照時間は気象庁のデータを基に明石市の月平均値に遮蔽率を考慮して算出している⁵⁾。

3・3 アオミドロ発生抑制方法の提案

学内ビオトープ池は富栄養化が進行している。この富栄養化に伴うアオミドロの大量発生は景観的に良いとは言えず発生させないための維持管理が必要になる。

本研究ではHSIの結果を用いて以下の管理手法を提案する。

1) 水温対策

夏期の水温のSI値を見てみると、1.0になっている。SI値1.0はアオミドロにとって好ましい水温であることを意味している。アオミドロを抑制するためにはこのSI値を下げる必要がある、その値は水温25[°C]以下で小さくなる。水温に直接関係する要因は日照時間であるが、夏期に水温は30[°C]以上となり、直接水温を下げることは困難である。一つの方法としては後述するが、ビオトープ池のカバー率を挙げることにより、水温の上昇を押さえることが可能であると考えられる。

2) 栄養塩対策

リン溶存量のSI値を見てみると、全期間のSI値が1.0かそれに近い値となっている。栄養塩類の含まれていない精製水中でアオミドロの培養を行うと、実験開始時に5.0[g]であったアオミドロが2週間後には7.4[g]と約1.5倍に生長すると言われている⁶⁾。このため短期間であってもアオミドロは増殖が可能であることがわかる。よって、リン溶存量を減少させることは、効率的でないとと言える。

3) 日射量対策

日照時間のSI値を見てみると、季節的な変動があるものの、春から冬にかけて下がっている。アオミドロへの日射量を制限する方法はアオミドロ発生抑制の効果が得られる。日射量を制限する方法として、池を直接シート等で覆い、日光を遮る方法と、浮葉植物を用いる方法がある。

シート等で覆う方法による極端な光量の制限は池内の植物プランクトンの育成を妨げ、生態系のバランスを崩す原因にもなりかねなく、ビオトープの景観や環

境も悪化につながるため、注意が必要である。

浮葉植物のホテイアオイやガガブタ等を用いる方法は、日射量を制限するだけでなく、窒素・リンの取り込み、富栄養化も防げると考えられる。しかし、冬になり枯死した浮葉植物が沈殿すると分解されリン・窒素に戻り、再度富栄養化するため、人為的に取り除かなくてはならない。

4. おわりに

本研究では、平成23年度と平成24年度に得られた学内ビオトープ池の水質調査結果とアオミドロのSI曲線を組み合わせることによりアオミドロの現状とその発生抑制方法について考察した。そのまとめを以下に示す。

1) 水質調査により学内ビオトープ池は慢性的な富栄養化状態にあることがわかった。また特にCODは平成23年度から24年度にかけての増加が顕著であり、このことから年々動植物の死骸などによる有機物量は増えていっていると予測される。

2) アオミドロの発生抑制には、水温対策、水質対策、日射量対策、生物の食物連鎖を利用した対策などが考えられ、1つの対策ではなくこれらの対策を組み合わせることで、より効果的になると予想される。

5. 参考文献

- 1) 近自然研究会；環境復元と自然再生を成功させる101ガイドビオトープ，株式会社誠文堂新光社，2004.
- 2) 国土交通省北陸技術事務所水質調査：
<http://www.hrr.mlit.go.jp/hokugi/01/river/pdf/glossary1-7.pdf>，平成25年10月1日取得
- 3) 環境省水質汚濁に係る環境基準について：
<http://www.env.go.jp/kijun/wt2-1-1.html>，平成25年10月1日取得
- 4) 八杉貞雄・可知直毅；生物辞典四訂版 電子版，旺文社 2003
- 5) 気象庁気象統計情報：
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/monthly_a1.php?prec_no=63&block_no=0625&year=2011&month=&day=&view=，平成25年10月1日取得
- 6) 阿部泰宜・梅津剛、ビオトープ管理におけるアオミドロの発生抑制手法の検討；
http://oo.spokon.net/outline/2005/k06abe_yasu.pdf#search=，平成25年10月1日取得