猿沢池のアオコの発生を考える

４年Ｃ組　狩田 帆乃夏
４年Ｃ組　赤木 美穂
指導教員　矢野　幸洋

１．要約

猿沢池(奈良市)のアオコの発生について水質調査および環境データの測定、プランクトンの観察を行った。その結果、猿沢池では藍藻類が恒常的に多く、５月～６月にかけて発生したアオコは藍藻類の増加によるものだと確認できた。

キーワード　プランクトン、アオコ、COD

２．研究の背景と目的

猿沢池には古くからの言い伝えである「澄まず、濁らず、出ず、入らず、蛙はわかず、藻は生えず、魚が七分に水三分」という七不思議があり、それを科学的に解明しようと、池の水質を調べることにした。調査を進める中で、春～夏にアオコが発生することがあり、それについて詳しく調べることにした。植物プランクトンの量を数値化するために、クロロフィルの抽出実験を行い、クロロフィル量を求めることにした。また、猿沢池で確認したプランクトンを整理するために、図鑑を作成することにした。

３．仮説

アオコは春から夏にかけての気温、水温の上昇に伴って発生すると考えられる。また,アオコを引き起こす原因となる藍藻類が猿沢池には恒常的に多く、それらが急速に増えることによって引き起こされるのではないかと考えられる。

４．研究内容

実験方法

(1) 環境データの収集とプランクトンの採集・観察

①水の採集

プランクトンネットを使用し、あらかじめ決めた場所で採水ビン１本分の水を採集した。

②環境データの測定

採集した直後に、気温、水温、pH、COD、DO、濁度の値を調べ、記録した。なお、気温、水温、pH の測定はデジタル pH 計を、COD はパックテストを、濁度は濁度計を用いて、計測した。

③遠心分離

持ち帰った水を、30ml 遠心分離管に入れ、遠心分離した。遠心分離管の底に沈殿したプランクトンをピペットで吸い上げ、スライドガラスに 1 滴ドロップし、プレパラートを作成した。

④観察

作成したプレパラートを顕微鏡で観察した。植物プランクトンにおいては、個体数が少ないものはカウントし、多いものはどの種が特に多かったのかを記録した。また、動物プランクトンにおいては、形の残っているもののみカウントし、すべての種について数を数えた。

(2) クロロフィル抽出実験

採水に行った日に同時にクロロフィルの抽出実験を行った。

①プランクトンのろ過

Ⅰ-(1)と同じ方法で採集した 200ml の水を、ろ過装置でろ過をする。

②90%のアセトンの作製

アセトン 54ml、蒸留水 6ml を混ぜ、濃度 90%のアセトンを 60ml 作製する。

③クロロフィルの抽出

ビーカーに 90%アセトンを入れ、そこに、①のろ紙を下向きになるように入れ、超音波洗浄機で 30℃で 30 秒間洗浄する。

④吸光度の測定

2 本のセルに、③の上澄み液と 90%アセトンを 2/3 ほどずつ入れ、分光光度計で、それぞれ 750nm、663nm、645nm、630nm で吸光度を測定する。

⑤クロロフィル値の計算

上澄み液の測定値からアセトンの測定値を引き(引いたものをそれぞれの波長の測定値とする)、以下の式に数をあてはめて、クロロフィル a、クロロフィル b、クロロフィル c の値を計算する。※参考文献(1)より

Chl.a	(11.64A-2.16B+0.1C)a÷VL
Chl.b	(20.97B-3.94A-3.66C)a÷VL
Chl.c	(54.22C-14.81B-5.53A)a÷VL

・A=663nm の測定値-750nm の測定値
・V=ろ過量=0.2(L)
・B=645nm の測定値-750nm の測定値
・L=セルの長さ＝5(cm)
・C=630nm の測定値-750nm の測定値
・a=溶液の量=50(ml)

３．実験結果

(1) また水質調査および環境データの結果を表 1 に示す。猿沢池で見られたプランクトンを表 2 にまとめた。

	天気	気温	水温	pH	COD
2012/10/20(土)①	晴れ	19.2	19.4	8.58	20
2012/12/19(水)①	曇り	9.5	9.3	8.1	13
2013/01/19(土)①	晴れ	5.8	5.4	8.48	5
2013/02/26(火)①	曇り	4.2	11.6	7.6	5
2013/04/11(木)①	曇り	16.2	15.4	8.6	13
2013/04/27(土)①	晴れ	18.9	18	7.88	20
2013/05/18(土)①	晴れ	27.2	29.2	9.8	30
2013/06/01(土)①	晴れ	27.6	26	10.13	35
2013/06/15(土)①	曇り	31.9	30.4	9.03	25
2013/06/29(土)①	晴れ	29.5	31	8.72	20
2013/07/13(土)①	曇り	31	29.5	8.2	25
2013/07/25(木)①	晴れ	34.4	32.6	9.06	90
2013/08/09(金)①	快晴	32.8	32.7	9.37	25
2013/08/28(水)①	晴れ	32.2	30	9.88	30
2013/09/14(土)①	晴れ	29.5	29.3	9.38	20

表 1　環境データの結果

	藍藻								珪藻				緑藻												
	アナベナ・マクロスポーラ	アナベナ・フロスアクアエ	アナベナ・スピロイデスクラッサ	M.ベーゼンベルギー	M.ノバセッキ	M.ビリディス	M.エルギノーザ	M.イクチオブラーベ	アウラコセイラ・アンビグア	A.アンビグア（変種）	ハリケイソウ	ホシガタケイソウ	コエラストルム・ミクロポルム	スタウラストルム・セバルデヘ	スタウラストルム・ドルシデンティフェルム	セネデスムス・オポリエンシス	ユードリナ	テトラスポラ・ラクストリス	ヒビミドロ	コスマリウム・ラルフス	テトラエドロン	キルクネリエラ	サメハダクンショウモ	ヒトヅノクンショウモ（変種）	フタヅノクンショウモ（変種）
2011/2/24(木)①										○	●	○													
2011/05/12(木)①	○	○	●	○	○			○										△							
2011/09/24(木)①	○			●	●			●		●	●	○		○		△		○	△	△				△	
2011/10/08(土)①				●	○					○															
2011/11/05(土)①	○			○																					
2012/03/13(火)①				○	○																				
2012/04/21(土)①				●	●					●	○	○			△										
2012/05/17(木)①	○	○		●	○					●															
2012/06/28(木)①	●			●	○					●	●				●	△		●			△	△			
2012/07/07(土)①	●			●						●	●	○		○	●										
2012/07/17(火)①	●			●	○					●	●	○			○	△		○				△			△
2012/10/09(火)①				○	○					●	●	○			△	△		○					△		
2012/10/20(土)①				●	●					●	●	●			△	△		△	△						△
2013/01/19(土)①				○																					
2013/02/26(火)①				●	○					○	●					△									
2013/04/27(土)①	○	○		○						○	○	○	○		○		△								
2013/05/18(土)①	●	●		○	○					○		○	○		○										
2013/06/01(土)①	●	●	●	○	○					○	○		○		○										
2013/06/15(土)①	●	●		●	○																				
2013/07/25(木)①	○	○		●	○					●	●	○	○		○	○					△	△		○	
2013/08/28(水)①				●	○					●	●		○		○										
2013/09/14(土)①				●	○					●	●		○		○	○									

表２　猿沢池で観察された植物プランクトン

●：多く確認される　○：複数確認される

△：確認される　　空欄：確認されず

(2) クロロフィル抽出実験

クロロフィル a、b、c の抽出結果を表３と図１にまとめた。また、クロロフィル値と水温 COD の関係を図２、クロロフィル a と pH の関係を図３にまとめた。

表４は、それぞれの植物プランクトンがどのクロロフィルを保有しているのかを表したものである。○は保有していることを表す。

※参考文献(1)より

表４より、クロロフィル a の量が最も大きいとわかるが、実験では、そのような結果にならなかった場合もあった。

	Chi.a	Chl.b	Chl.c
2013.02.26	6.23	1.52	7.31
2013.03.13	9.59	3.47	9.73
2013.04.11	6.2	1.84	5.54
2013.04.27	5.48	1.42	4.35
2013.05.18	6.44	1.32	3.46
2013.06.01	23.6	0.75	2.76
2013.06.15	103.9	3.371	0.955
2013.06.29	32.58	1.769	2.536
2013.07.13	15.3	1.229	1.602
2013.07.25	13.45	2.089	6.156
2013.08.09	25.76	4.101	8.334
2013.08.28	8.771	1.532	3.112
2013.09.14	0.203	-1.64	-5.3

表３　クロロフィル a, b, c (mg/m^3)

	藍藻	緑藻	珪藻
クロロフィルa	○	○	○
クロロフィルb		○	
クロロフィルc			○

表４　プランクトンが含むクロロフィルの種類

結果を次にまとめる。

・猿沢池の水質はアルカリ性で、夏ごろ、プランクトンの個体数、水温、COD、chl.a の値が増加し、冬になると、減少する傾向にある。

・藍藻類や珪藻類は、特定の２～４種が大量に見られるが、それに比べ、緑藻類は、確認できた種類数は多いものの、個体数は少なかった。主なプランクトンは「７.追補－猿沢池で観察できたプランクトン類－」に掲載している。

・気温が高くなり chl.a の量が増えている時期、猿沢池は濁り、緑色が濃くなる。

その時、ミクロキスティスやアナベナの仲間など藍藻類が増殖した。

・顕微鏡観察により、藍藻類であるミクロキスティスやアナベナの仲間は、プレパラート全体を覆うことがあり、大量発生することが観察できた（下図）。

・緑藻類のクロロフィル b 量は、変化が小さくその量も少ない。また、目視でも圧倒的に緑藻類が少なかった。

・緑藻類と珪藻類のクロロフィル量による差はあまりなかった。

・表２には無いが、アオコ発生の前の採集時に普段は見られないはずのミドリムシが確認された。これは今年だけでなく去年にも同じことが確認できている。

アナベナの大量発生

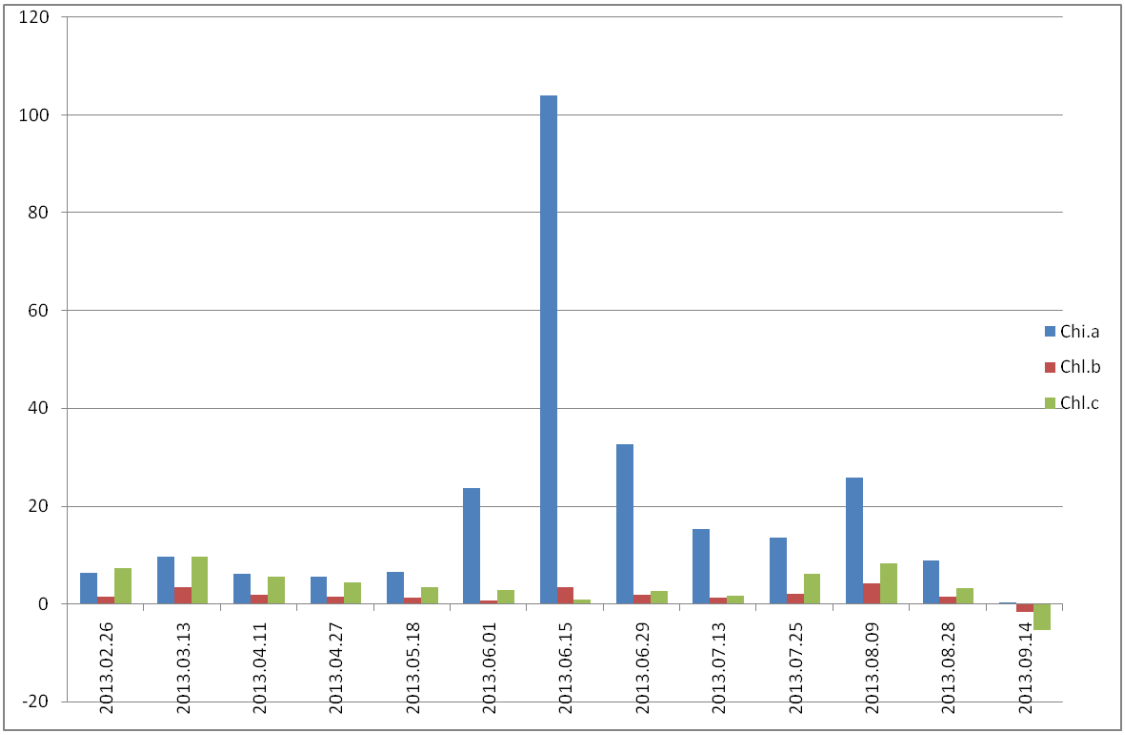


図１　クロロフィル a, b, c (mg/m³)

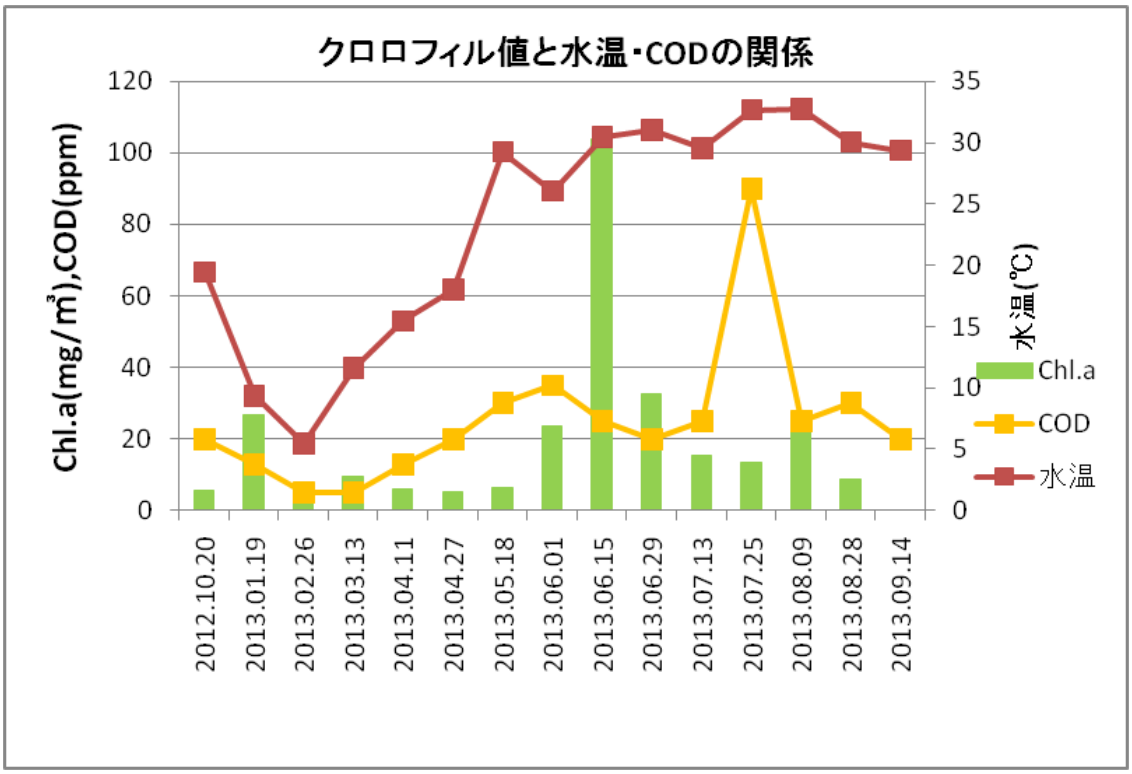


図２　クロロフィル値と水温・COD の関係

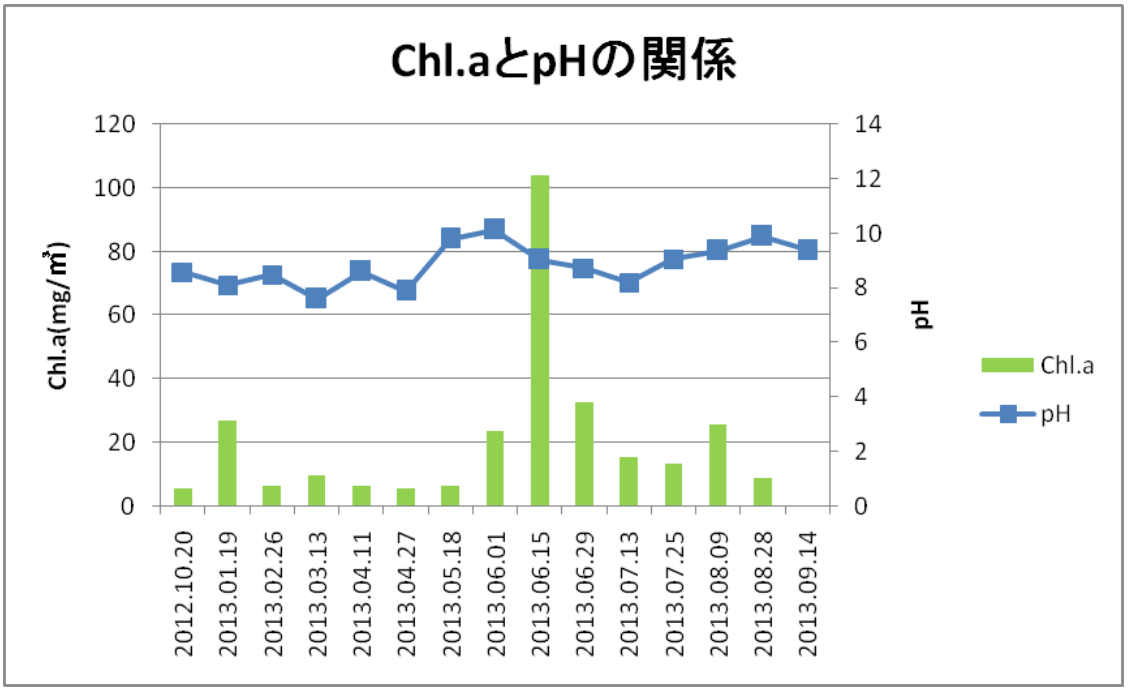


図３　Chl.a と pH の関係

４．考察

・猿沢池の水が年間を通してアルカリ性だった。これは、猿沢池には排水溝が一箇所あり、アルカリ性の家庭排水が流れこんでいることによるためだと思われる。図２からもわかるように、この水質は pH の値が変化しても、プランクトンの増減にはとくに変化が無かったことから、水質はプランクトンの増減にはあまり影響を与えないと思われる。

・藍藻類や珪藻類は、特定の 2～4 種が大量に見られるが、それに比べ、緑藻類は、確認できた種類数は多いものの、個体数は少ない。それは、猿沢池の水が藍藻類や珪藻類が増殖しやすい水質であるのだと考えられる。また、表２より藍藻類と珪藻類は年間を通してよく見られるが、緑藻類は観察できた時期が限られる。よって、藍藻類や珪藻類の方が繁殖力が強い可能性があると考えられる。

・図２より気温が上昇し、クロロフィル a の値が急激に増加しているが、そのとき、猿沢池は濁り、緑色が濃くなった。これはアオコの発生だと考えられる。

アオコは５月の半ばから発生し始め６月中旬にピークをむかえた。このときクロロフィル b とクロロフィル c の値はあまり変化していない。これは、クロロフィル a はすべての植物プランクトンが保有しているのに対し、クロロフィル b と c はそれぞれ緑藻類、珪藻類が保有していることから、藍藻類が多く増えていることがわかる。(表４参照)藍藻類の中でもミクロキスティスとアナベナが多く増殖しており、ミクロキスティスには他のプランクトンには無い繁殖に有利な垂直運動ができる

といわれており、光合成をより有利に行い、よく増加したと思われる。

・図２より、水温の上昇から少し遅れて Chl.a の値が増加し、また少し遅れて COD の値が増加している。これは、水温の上昇に伴って藍藻類が大量に増殖し、その後死骸となって水中の有機物が増えたためだと考えられる。また、気温が上がるにつれ、水温も上昇し､chla の値が増加したのは、日が出る時間が長くなり植物プランクトンの光合成が活発になることによって増殖したのだと思われる。また、気温が上がると動物プランクトンも増えることから、植物プランクトンを食べる動物プランクトンも増殖したと考えられる。しかし、クロロフィル a の量は増える前とあまり変わらず、藍藻類などは食べられずに残っていると考えられる。

・図１より、緑藻類のクロロフィル量について、目視では圧倒的に緑藻類が少ないが、グラフにしてみると、珪藻類との差があまりなかった。これは緑藻類の１個体が他の類に比べて大きいものが多いので、全体におけるクロロフィル量が予想以上に多かったためだと考えられる。珪藻類全体のクロロフィル量は変化が小さく、急に増加することがある。

・図３より、Chl.a 量の変化とｐＨの変化については特に関係はないと思われる。

・表２には無いがアオコ発生の前の採集時に普段は見られないはずのミドリムシが確認された。これは今年だけでなく去年にも同じことが起きた。このことからミドリムシが出現することが、アオコの発生の前兆となるのではないかと考えられる。

５．今後の課題

・データを集めるだけでなく、そのプランクトンに合った水質を知るため、培養実験などを行っていきたい。

・植物プランクトンの増減と動物プランクトンの増減には関係があるのかを調べたい

・他の池にも採水に行き、データを比較することで、猿沢池の特徴、またプランクトンの性質を調べたい。

６．参考文献

(1) 西條八束, 三田村緒佐武(1995)新編湖沼調査法．講談社サイエンティフィク

(2) 一瀬諭, 若林徹哉(2005)やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック．合同出版株式会社

(3)田中正明(2002)日本淡水産動植物プランクトン図鑑.名古屋大学出版会

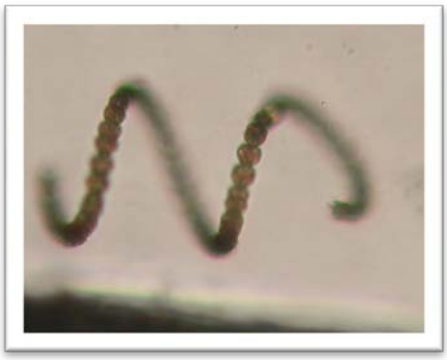
(4) 月井雄二(2010)淡水微生物図鑑原生生物ビジュアルガイドブック．誠文堂新光社

７．謝辞

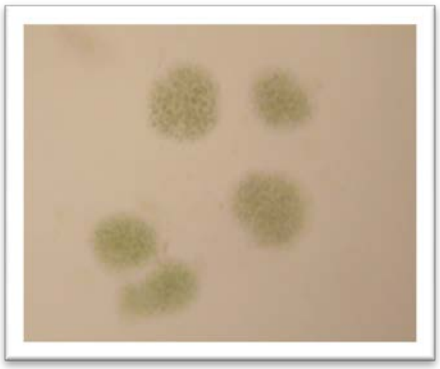
今回の研究にあたり、指導してくださいました矢野先生、適宜アドバイスをいただいた櫻井先生に深く感謝申し上げます。

補足：猿沢池の主なプランクトン

ミクロキスティス・ノバセッキ



アナベナ　sp.



ミクロキスティス・ベーゼンベルギー

アウラコセイラ　sp.

アナベナ　sp.

ケンミジンコ