

〈第58回鈴木賞 正賞〉

## 5 プランクトンの定量分析による水質調査の試み2

### 1 研究の動機

メンバーの1人、鈴木理徳は昨年「プランクトンを指標生物代わりに使った水質調査」というテーマの自由研究に取り組みました。この研究のなかで水質調査の結果とプランクトンのカウント数の相関関係を調べることで、リン酸の濃度とアオコのカウント数には関係があるらしいという結果を得ました。今年の水質調査の項目を増やして、どの水質の成分がプランクトンの数に関係するのかさらに詳しく調べてみました。このために測定回数を増やし、たくさんのデータを使って相関関係を調べてみました。

### 2 調査時期と調査地点

#### (1) 調査時期

昨年の研究では8月中旬のみに調査を行いました。今年データ数を増やすために、調査回数を増やして下記の5回実施しました。

6月28日、 7月9日、 7月28日、 8月3日、 8月13日

#### (2) 調査地点

去年の研究では川5ヶ所、池11ヶ所の合計16ヶ所について調査をおこないましたが、今年は見直しを行い、傾向の似ているところや、変化の少ないところを除いて下記の8ヶ所(川3所、池5ヶ所)を選定しました。

ア 千鳥ヶ谷池(袋井市北部、油山寺近くにある農業池。)

イ 親水公園(袋井市愛野の公園の中にある池。)

ウ 天池(袋井市愛野にある自然の池。)

エ アクアピュア(袋井市新池の浄水場にある人造池。)

オ 磐田大池(磐田駅の南にある農業用の溜池。)

カ 太田川(太田川河口近くの豊浜橋の直ぐ下流の東側。)

キ 宇刈川(旧国道1号線のすぐ下流。)

ク 原野谷川(袋井市方丈にある通称メロン公園。)

### 3 調査のために準備した道具

#### (1) 顕微鏡

昨年使用したのと同じメカニカルステージと呼ばれる機能が付いているものを使用しました。この機能を使ってプレパラートのあるパターンに沿って微動させながらカウントを行いました。倍率は眼視及び撮影ともに基本は150倍(接眼15倍、対物10倍)、詳細を調べるために拡大が必要な場合は600倍(接眼15倍、対物40倍)を使用しました。

#### (2) カメラアダプター及びカメラ

昨年使ったのと同じ小型デジタルカメラと専用カメラアダプターを使用しました。ただし撮影には技術と慣れが必要で、納得できる画像が撮れるまでには時間がかかりました。

#### (3) プランクトンネット

インターネットで紹介されていたものを参考にして自作しました。使ったものは、ペットボトル、ストッキング、フィルムケース（全て廃品再利用）です。なお昨年経験からフィルムケースに錘をつけて沈みやすくしました。

#### (4) 水質検査キット

今回は、リン酸、亜硝酸、硝酸、CODの4種類を測定しました。亜硝酸とCODは昨年と同じシンプルパックという製品を使いました。リン酸については低濃度を細かく測れるようにパックテストという名前の別の製品を使いました。硝酸の測定については、リトマス試験紙のように水につけるだけで硝酸の濃度を簡易的に調べることができるものが手に入るようになりました。今回はこの製品を使って硝酸濃度を測定しました。

### 4 具体的調査法

#### (1) プランクトンネットによる採集の方法

##### ア 流れのない場所

プランクトンネットを沈めて水面から30センチくらいの深さで10メートルを引いてプランクトンを採集します。この採集区間を正確に決めるために10メートルの長さの紐を用意し、この紐を使ってプランクトンネットを引き始める場所と引き終わる場所を決めました。

##### イ 流れのある川

流れのあるところではプランクトンネットを動かさず採集します。まずその場所の流速を測り、プランクトンネットを10メートル動かしたのと同じになる時間を計算して、その時間だけプランクトンネットを水中に入れて水を採集しました。

##### ウ 2次ろ過について

プランクトンネットで採取した水だけではプランクトン密度が低く、カウント数のばらつきが大きいので、2次ろ過をしてプランクトンの密度を高くしてカウントしやすくしました。この2次ろ過にはコーヒーを入れるときに使う紙のフィルターを使いました。2次ろ過の仕方はサンプリングした水2ccをスポイドで取ってその水を紙のフィルターでろ過します。フィルターに残った最後の1滴程度の水を採ってプレパラートを作りました。なお水一滴の体積は大体0.04ccくらいといわれていますが、一滴の水だとプレパラートを作るには多すぎてカバーグラスが浮いてしまうため、一滴の半分ぐらいの水でプレパラートを作るようにしていました。

#### (2) プランクトンのカウントの仕方

調査する対象に動物性プランクトンもいるため、観察で使用するプレパラートは簡易プレパラートを使用しました。ただし15分くらいで水が蒸発してしまうため、顕微鏡のメカニカルステージを使ってプレパラートの周囲を走査した後で井の字を描くように縦横二回ずつ走査する方法（罫の字パターン）でカウントを行いました。この場合走査線が16ヶ所で交差する事になり、その場所で重なってカウントすることになりますが、影響はないと判断しました。なおカウントでは種名を調べるのではなく、植物プランクトンや動物プランクトンといった大きな分類でカウントを行いました。

またプランクトンのカウントについては項目を増やしました。昨年の研究の結果、アオコについては3種類くらい違うものがありましたので、アオコは3種類（後に4種類）に分けてカウントを行いました。

#### (3) 調査結果の相関分析について

昨年と同様に最小二乗法という計算方法を使って相関関係を定量的に調べました。今年は相関分析を水質検査の結果と、プランクトンのカウントの結果の組み合わせ全てについて実施し、

何と何の間に相関関係があるかを定量的に分析を行ってみました。

この相関分析では、まずデータの間の回帰式を求めます。そして回帰式（1次方程式）の傾きAに注目し、傾きがプラスのものを探します。次にデータのばらつきを示す相関係数R<sup>2</sup>というものに注目します。この相関係数が0.3以下だと、ほとんど相関関係はないと言われています。このため相関係数が0.3以上のものを探します。またデータの数も重要です。データが2つしかない場合は、どんなに意味のない数字でも100%の相関関係になってしまいます。このため有意のデータ数が3ヶ以上であることも重要です。この3条件をパソコンで判別し、3つの条件を満たす組み合わせだけを選びます。これを全ての組み合わせについて計算を行い、相関関係を定量的に分析します。

## 5 研究の結果

### (1) 水質調査項目との相関関係分析結果。

#### ア 調査地点別の水質調査項目とプランクトンのカウント数の相関関係

硝酸との間には全調査地点で相関関係がみられませんでした。一方リン酸濃度とCOD、亜硝酸、水温に対しては場所によっては相関関係が見られるところがあります。特にリン酸については他の資質項目よりも強い相関関係がありそうです。

なお、川と池との環境の違いに注目すると、川についてはどの水質調査項目とも相関関係が見られないのに対して、池の方には相関関係があるという結果を得ました。特に磐田大池と親水公園では他の池よりもリン酸濃度に強い相関関係が見られました。

#### イ 池及び川の全データと水質検査項目との相関関係

少ないデータの時には関係があるように見えていた所でも、データ数が増えると相関関係が見られなくなることがあります。このために池及び川の全データを使って環境別の水質調査項目とプランクトンのカウント結果の相関関係を調べました。この結果、川については全部のデータを総合すると、どの水質検査項目に対しても相関関係は見られないという結果になりました。一方池全部のデータについては、特にリン酸濃度と植物プランクトン、ケイソウ、アオコの三種類について相関関係が認められました。

### (3) 結論

ケイソウもアオコも植物プランクトンの1種です。結局カウント結果と相関関係があるのはリン酸濃度のみということで、昨年の研究の結果が追確認された形となりました。

## 6 考察

### (1) 池の環境の変化とプランクトンの数について

今回の調査の結果、池は環境が大きく変わりやすく、プランクトンの数が激変する場合もあるという事が分かりました。最初は日が経つにつれプランクトンの数が増えていくと予想していましたが、実際には雨と水温の影響でかなり変動していました。例えばアオコは、雨による池の増水に伴って流される様で、雨の後の調査ではカウントでは数が激減していました。しかし、その後のカウントでは回復してくることが確認できました。結局数が減っても水温・天候などの条件さえ揃えば、短期間で回復するらしいことが分かりました。

### (2) プランクトン相互間の相関関係について

今回使用した相関分析の方法はプランクトン相互間でも使うことが出来ます。これはどのプランクトンがどのプランクトンに影響を及ぼすかを表しています。今回の分析では動物プランクトンに対して植物プランクトンとミドリムシの数に相関関係が認められます。植物プランクトンに対してはミドリムシとケイソウに相関関係が認められます。ミドリムシもケイソウも植物プランクトンの一種と考えられますので、植物プランクトンとの相関関係があるというのは

十分考えられることです。一方、動物プランクトンに対する植物プランクトンとミドリムシの相関関係は一種の捕食関係（食物連鎖）を表していると考えることが出来ます。今回の結果では動物プランクトンと植物プランクトンの回帰式の傾きは0.47でした。この逆数2.1は動物プランクトン1に対して植物プランクトンが2.1いるということを意味しています。逆に言うと動物プランクトン1が生きていくには植物プランクトン2.1が必要とも考えられます。

## 7 終わりに

2年にわたる研究で植物プランクトンのカウント結果からリン酸濃度については推定ができそうなことがわかりました。しかし他の水質調査項目との相関関係は不明なところが多く、今のところプランクトンを指標生物代わりにした水質調査調査が可能とは言い切れません。ただし実際の眼視観察では、見えているプランクトンの種と水質の間には何らかの関係があると感じています。この関係を定量的に評価できるように、いろいろと工夫をして次回も取り組んでみたいと思います。

池	千鳥ヶ谷池			親水公園			天池			アクアビュア			磐田大池		
	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2
動物プランクトン	-17.99	3.11	0.47	30.00	-0.50	0.68	-1.13	2.66	0.00	-1.027	1.01.91	0.45	13.69	9.07	0.55
植物プランクトン	-73.73	15.79	0.22	321.79	-3.12	0.82	372.53	-5.12	0.93	-1.014	78.09	0.21	75.76	-2.27	0.98
植物プランクトン塊	0.00	0.00	#DIV/0!	-0.71	0.25	0.02	0.00	0.00	#DIV/0!	-1.97	0.27	0.03	0.00	0.00	#DIV/0!
ミドリムシ	0.00	0.00	#DIV/0!	129.29	1.25	0.41	10.31	0.00	#DIV/0!	-50.56	8.70	0.20	17.63	0.00	#DIV/0!
ケイソウ	0.00	0.00	#DIV/0!	129.29	-3.25	0.76	10.31	-0.16	0.94	-50.56	4.72	0.14	17.63	-1.09	0.97
モ	-113.85	17.56	0.41	27.86	-0.75	0.75	7.13	2.01	0.11	90.45	4.72	0.06	-335.47	545.31	0.13
アオコ	-53.50	7.69	0.35	0.00	0.00	#DIV/0!	218.57	32.20	0.28	-9.55	0.72	0.20	53.99	-8.50	0.95
その他	-839.65	496.13	0.22	619.29	279.25	0.30	753.60	453.71	0.17	-2873	935.48	0.07	324.96	751.67	0.17

池	リン酸			COD			亜硝酸			硝酸			水温		
	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2
動物プランクトン	11.99	9.24	0.04	0.56	12.47	0.00	113.49	13.75	0.04	-1.085	19.18	0.01	1.19	-20.12	0.00
植物プランクトン	74.25	5.17	0.73	-0.35	28.79	0.00	153.79	19.80	0.04	-22.42	28.09	0.02	0.93	-4.18	0.00
植物プランクトン塊	-0.30	0.13	0.01	-0.01	0.25	0.05	0.12	0.10	0.00	-0.12	0.12	0.02	0.02	-0.44	0.02
ミドリムシ	-0.28	1.18	0.00	-0.04	2.39	0.00	37.80	0.62	0.19	-1.89	2.23	0.01	0.61	-17.51	0.05
ケイソウ	17.40	0.31	0.64	-0.07	4.24	0.00	33.56	2.34	0.07	-3.67	4.00	0.02	0.08	1.02	0.00
モ	8.63	6.56	0.07	45.52	-345.13	0.28	-758.44	121.33	0.02	-105.74	106.41	0.01	-17.37	646.79	0.01
アオコ	46.77	8.69	0.40	-0.68	47.21	0.00	-317.99	52.21	0.04	-46.18	46.18	0.02	-16.30	559.59	0.10
その他	457.07	500.87	0.28	-15.58	750.39	0.02	-524.85	619.26	0.01	-121.02	614.68	0.01	-30.27	1,564.11	0.02

は傾きプラス、相関係数0.3以上、3個以上の有意なデータがあることを示す。

池	動物プランクトン			植物プランクトン			植物プランクトン塊			ミドリムシ			ケイソウ			モ			アオコ			
	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	A	B	R2	
動物プランクトン																						
植物プランクトン	0.47	6.03	0.42																			
植物プランクトン塊	-5.44	12.44	0.00	-1.39	6.39	0.00																
ミドリムシ	3.73	10.42	0.34	6.06	13.23	0.47	-0.01	0.11	0.01													
ケイソウ	1.14	13.83	0.07	4.29	10.14	0.54	0.00	0.10	0.00	0.32	0.86	0.24										
モ	0.00	17.68	0.00	-0.01	26.52	0.01	0.00	0.11	0.01	0.00	2.15	0.01	0.00	3.75	0.01							
アオコ	-0.03	19.09	0.01	0.03	24.19	0.00	0.00	0.11	0.01	-0.01	2.29	0.02	0.01	3.09	0.02	0.00	93.63	0.00				
その他	0.04	-7.69	0.23	0.07	-18.7	0.36	0.00	0.18	0.03	0.00	-0.58	0.10	0.01	-1.47	0.16	-0.17	195.6	0.04	0.17	-61.2	0.44	