

1. はじめに

プランクトンの沈降速度を測定する方法には、比重計、比重天秤、光透過式、ピペット法、顕微鏡法等がある。比重計、比重天秤、ピペット法は多量の試料を必要とするが、光透過式、顕微鏡法は少量の試料で良い。一般には、懸濁物質の特性、濃度等によって測定方法を選択する。今回は、AGP試験の接種藻類として用いた *Melosira. sp.* について顕微鏡法によって沈降速度を測定した。

2. 実験方法

図-1に示すように、恒温水槽内に試料の入った試験管を設置し、沈降速度を方眼メッシュ入りの実態顕微鏡を用いて測定した。試験管は十分混和して設置し、上下向流が無いことを確認した上で測定した。実態顕微鏡の倍率は対物が4倍、接眼が10倍である。この際の方眼メッシュの1目盛りは250 μ mである。測定は *Melosira. sp.* の大きさとし、1目盛り通過する時間と水温である。湖水に窒素(N)とリン(P)を表-1のNo. 1~11の条件に変化させ、*Melosira. sp.* を添加しAGP試験を行ったものの培養10日目、12日目のものを使用した。表-1の μ_{max} は比増殖速度を、kは最大藻類量を表す。

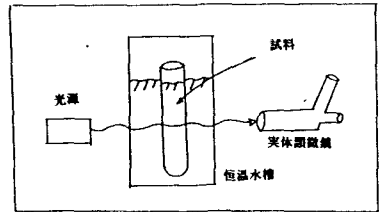


図-1

表-1

exp.No	F	P (mg/l)	N	N (mg/l)	μ_{max} (/day)	K (n/B1)
No.1	x1	0.057	x1	0.70	0.578	15833
No.2	x2	0.114	x2	1.40	0.738	20205
No.3	x1	0.057	x10	7.0	0.582	20921
No.4	x2	0.114	x10	7.0	0.599	20921
No.5	x3	0.171	x10	7.0	0.501	27598
No.6	x5	0.285	x10	7.0	0.559	28475
No.7	x10	0.57	x10	7.0	0.465	28075
No.8	x10	0.57	x1	0.70	0.532	15038
No.9	x10	0.57	x2	1.4	0.677	19410
No.10	x10	0.57	x3	2.1	0.426	35229 (2815ef 10day)
No.11	x10	0.57	x5	3.5	0.554	24498

3. 結果及び考察

沈降速度を直接測定したが、その値の妥当性を確かめるために *Melosira. sp.* の密度をストークスの式(1)を変形した式(2)を用いて算出した。

$$v = \sqrt{\frac{4 \cdot g}{3 \cdot C_D}} \left(\frac{\rho - \rho_w}{\rho_w} \right) \cdot D \quad \dots (1)$$

ここで、v; 粒子の沈降速度(cm/s)、g; 重力加速度(980cm/s²)、C_D; 粒子の抵抗係数(-)、 ρ

; 粒子の密度(g/cm³)、 ρ_w ; 水の密度(g/cm³)、D; 粒子の直径(cm)である。

$$\rho = \rho_w \left(\frac{3 \cdot V^2 C_D}{4 \cdot g} + 1 \right) \quad \dots (2)$$

ここで、抵抗係数C_Dは、C_D=K/R₀... (3) (K; 定数、R₀; レイノルズ数)で表さ

れる。レイノルズ数は次式 R₀=VD/ ν = ρ_w VD/ μ ... (4) [ν ; 水の動粘性係数(cm²/sec)、 μ ; 粘性係数(g/cm·sec)、D; 等価球の直径(cm)]で表される。

また、*Melosira. sp.* を円柱形とし直径をR、高さをhとすると表面積S₁= $\pi R^2/2 + \pi Rh$... (5)、体積V₁= $\pi R^2 h/4$... (6)となる。球の直径をDとすると表面積S₂= πD^2 ... (7)、体積V₂= $\pi D^3/6$... (8)となる。(4)式で用いたDはV₁=V₂より

D³=3·R²h/2... (9)、*Melosira. sp.* の直径(R)を5 μ mとすると(9)式よりD=3.347·h^{1/3}(μ m)... (10)となる。(3)式のKを求めるには形状係数 ψ を求め、図-2の ψ とK値の図よりK値を定める。形状係数 ψ は、 $\psi=S_2/S_1=D^2/R(R/2+h)$... (11)となる。(2)式に(3)式を代入すると次式となる。

$$\rho = \rho_w \left(\frac{3 \cdot V^2 K}{4 \cdot 980 \cdot R_0 D} + 1 \right) \quad \dots (12)$$

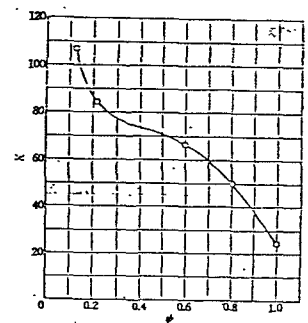


図-2

表-2に培養10日目No. 2の測定結果を示す。T(sec)は1目盛り250 μ mを通過する時間、h(μ m)は*Melosira. sp.*の高さ、等価球の直径D(cm)、沈降速度v(μ m/sec)、形状係数 ψ 、レイノルズ数 $R_0 \times 10^{-4}$ 、K値、*Melosira. sp.*の密度 ρ (g/cm³)の実測及び計算結果を示す。また表-3には、各条件より取り出した検体の個数nと沈降速度の平均値 V_{av} (m/day)、最大値 V_{max} (m/day)、最小値 V_{min} (m/day)と密度の平均値 ρ_{av} (g/cm³)、最大値 ρ_{max} (g/cm³)、最小値 ρ_{min} (g/cm³)を示す。一般に、沈降速度は

表-2

T (sec)	h (μ m)	D (μ m)	V (μ m/sec)	ψ (-)	$Re \times 10^4$ (-)	K (-)	ρ (g/cm ³)
21.71	167	18.43	11.52	0.40	2.15	74	1.186
16.15	125	16.74	15.48	0.44	2.64	73	1.301
10.38	83	14.60	24.08	0.50	3.58	71	1.600
19.64	167	18.43	12.73	0.40	2.39	74	1.206
28.73	250	21.08	8.71	0.35	1.87	75	1.108
14.58	250	21.08	17.15	0.35	3.68	75	1.215
19.23	250	21.08	13.00	0.35	2.79	75	1.163
25.05	83	14.60	9.98	0.50	1.48	71	1.248
26.64	83	14.60	9.38	0.50	1.39	71	1.233

表-3

	n	V_{av}	V_{max}	V_{min}	ρ_{av}	ρ_{max}	ρ_{min}
10day No.1	20	1.73	2.39	0.96	1.392	1.600	1.180
10day No.2	9	1.17	2.08	0.75	1.251	1.600	1.108
10day No.3	12	1.53	2.17	0.73	1.354	1.620	1.209
10day No.7	25	1.52	3.15	0.90	1.360	1.722	1.175
10day No.8	16	1.60	3.55	0.61	1.365	1.798	1.136
10day No.9	21	0.94	1.62	0.50	1.237	1.497	1.003
10day No.10	20	1.14	1.87	0.58	1.303	1.536	1.128
10day No.11	10	1.06	1.33	0.78	1.273	1.453	1.178
12day No.1	10	1.05	1.61	0.75	1.244	1.324	1.129
12day No.2	12	1.15	1.62	0.86	1.530	1.360	1.125
12day No.3	10	0.93	1.13	0.72	1.211	1.349	1.120
12day No.4	8	0.81	1.31	0.54	1.205	1.405	1.091
12day No.5	7	1.09	1.50	0.79	1.269	1.404	1.189
12day No.8	10	0.94	1.47	0.69	1.215	1.424	1.130
12day No.9	6	1.55	1.72	1.12	1.235	1.367	1.237

うに、高さhは83~250 μ mと大きさが約3倍

の較差があり、実際にはその速度もかなりの差が生じると思われるが、実測値にはそれほどの差異は見受けられない。また、表-3より、これらの値は10、12日目と定常期に近付いている時期なので、増殖時期の変化による特性は評価することは出来ない。しかし、栄養塩濃度は窒素、リンともに10倍の濃度差がある。それにもかかわらず、沈降速度、密度にそれほどの違いが見られなかった。図-3に実験に用いたプランクトンと同属の*Melosira. agassizii*の増殖定常期に入った時点をとt=0dayとしてその後の沈降速度の変化を示す。これは光透過法で測定したものであるが、沈降速度が0.5~2.8m/dayとかなり大きな範囲にある。表-3の各試料の平均沈降速度 V_{av} が0.93~1.73m/dayであり、実験より得られた沈降速度は0.5~2.8m/dayの範囲にあり満足できる値である。また、密度は*Chlorella. sp.*(緑藻類)では1.02~1.18g/cm³、*Cyclotella. sp.*(ケイ藻類)では1.02~1.20g/cm³という報告があり、式(2)を用いて計算した平均密度 ρ_{av} が1.205~1.530g/cm³の範囲にあり、*Melosira. sp.*の形状が*Chlorella*、*Cyclotella*とはかなり異なり一概に比較することは出来ないが若干高い値を示す。

4. おわりに

今回は、内径18mmの試験管に試料を入れて沈降速度を測定したが、この径が最良かどうか判断しがたい。実測の際にはプランクトンの個体が試験管の中央付近を沈降しているものを測定したが、内径の影響を無視できる径は測定する物体の径の100倍以上と言われている。*Melosira. sp.*の長さが最大300 μ mとすると、試料容器の径は3cm以上必要となる。しかし、実際には壁面の影響よりも個体数と光の影響の方が大きいと思われる。個体数が多いときは中央付近を一斉にプランクトンが沈降するために下向流が生じ、壁面付近が上向流となる。そのため

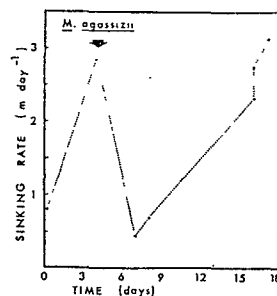


図-3

に、プランクトンの個数が影響を与えない程度の濃度にする必要がある。また、光源には熱線吸収フィルタを取り付けたが、光源が試験管に近い場合にはプランクトンが光を感知して上方に動くので、部屋を暗くし光源の距離を遠くして、顕微鏡で観察できる限界の光量とした。このように、密度が小さいプランクトンの沈降速度の測定は、様々な小さな影響因子でも測定にかなりの大きな誤差を生じるため細心の注意を要する。