

流水中に固定された円柱周辺における藻類の付着増殖に関する研究(2)

徳島大学工業短期大学部 正 細井 由彦
徳島大学工業短期大学部 正 村上 仁士
日 水 コ ン 正 住山 真
徳 島 県 庁 正○正木 昇

1. まえがき 付着藻類の増殖におよぼす流れの影響を調べる目的で、前報¹⁾に続き流水中に立てた円柱を利用して検討を行った結果を報告する。

2. 円柱周辺のせん断応力、栄養塩フラックス²⁾ 流水中の円柱壁面部においては、図-1に示されるように、前面部よどみ点($\theta=0^\circ$)から境界層が発達し、 $80^\circ\sim 110^\circ$ 付近ではく離する。よどみ点からはく離点までの部分に層流境界層理論、および濃度境界層理論を適用すると、円柱周辺の摩擦応力 τ_θ および栄養塩フラックス j はそれぞれ次式のように表わされ、その分布は図-2,3ようになる。このような扱いは $Re \leq 5000 \sim 10^5$ の範囲で可能となる。

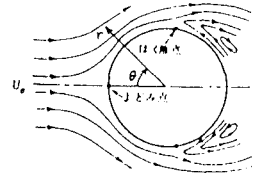


図-1 円柱周辺の流れ

$$\frac{\tau_\theta}{\frac{1}{2} \rho U_0^2 \sqrt{\frac{U_0 a}{\nu}}} = 6.973 \theta - 2.732 \theta^3 + 0.292 \theta^5 - 0.0183 \theta^7 + 0.000043 \theta^9 - 0.000115 \theta^{11}$$

$$j = \frac{Sh_d D_M}{d} (C_\infty - C_w) = f_1(\sqrt{U_0/\nu d}, Sc, \theta) \cdot D_M (C_\infty - C_w)$$

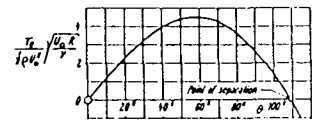


図-2 せん断力の分布

ここで U_0 は流速、 ρ は水の密度、 ν は動粘性係数、 a, d は円柱の半径および直径、 D_M は分子拡散係数、 Sc はシュミット数、 C_∞, C_w は主流部および円柱表面における濃度である。したがって水理量に限ってみれば、異った流速および円柱を使って、 $U_0 \sqrt{U_0/d}$ を一致させることにより、 τ_θ を一致させ j を変化させることが可能になり、 U_0/d を一致させることで j を一致させ τ_θ を変えた実験を行うことができる。

3. 実験方法 実験は前報と同じ、共通のヘッドタンクと受水槽を有する3本の矩形断面水路を使用し、それぞれの水路中に円柱を立てて行った。流水水質、実験方法は前報と同様である。水理学的な実験条件は表-1に示すとおりである。CASE-1は各円柱表面におけるせん断応力を一定にし、CASE-2では実験開始後1週間はせん断応力を、その後は栄養塩フラックスを合わせるようにした。CASE-3ではAとBはせん断応力が、AとCは栄養塩フラックスがそれぞれ等しくなるようにした。

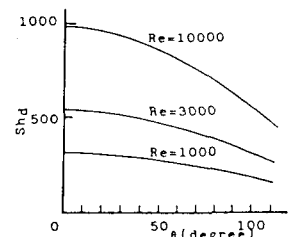


図-3 シャーウッド数の分布

4. 結果および考察 はく離点の位置は U_0 によって若干理論からずれるために、式(1),(2)で与えられる理論値は、はく離点付近では誤差が大きくなることも考えられるため、 $\theta=0^\circ\sim 60^\circ$ の部分における実験結果によって考察をすすめる。

CASE-1のクロロフィル-aの変化の様子を図-4に示す。3本の円柱の θ の等しい位置におけるせん断応力は5%内の違いで一致させているが、円柱径の範囲が5.4~8.5cmであったので、栄養塩フラックスも20%の差しかつけれられていない。本図を見るかぎり τ_θ, j の両者が付着藻類の形成に密接に関っており、これらを一致させると、増殖曲線は等しくなることがわかる。

表-1 実験条件

CASE	d (cm)	h (cm)	U_0 (cm/s)
A	8.5	3.9	6.9
1 B	6.6	3.8	6.6
C	5.4	3.8	6.1
A	8.5	4.0	8.8 8.8
2 B	4.0	4.0	6.8 4.2
C	5.4	4.0	7.5 5.6
A	8.5	4.0	9.7
3 B	4.0	4.0	7.6
C	4.0	4.0	4.6

図-5はCASE-2の実験結果を示している。栄養塩フラックス統一後の一定の増殖を開始している2~3週目以後の増殖曲線はほぼ相似形になっている。この期間におけるA,B,Cのそれぞれにおける増殖率は $\theta=0^{\circ}\sim 30^{\circ}$ の領域で4.7,6.7,4.7, $\theta=30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ の領域では4.3,4.7,4.9 (単位は $\text{mg chl. a/m}^2 \text{ day}$)である。円柱表面にかかる摩擦力はAが最も大きく、つづいてC,Bの順である。4週目の現存量を見ると τ_0 が最小のBにおいて最大となっている。しかしA,Cについては τ_0 と現存量の関係は逆転している。以上のことから、供給された栄養塩がそのまま付着藻類の生育に寄与している安定した増殖時においては、栄養塩フラックスが増殖曲線形を決定し、壁面摩擦力ははく離を促進する作用により、付着現存量を抑制する方向に働くものと考えられる。

CASE-3の実験結果を図-6に示す。BはA,Cより栄養塩フラックスが大きく、AとBはCより壁面摩擦力が大きい。栄養塩フラックスが大きいBの現存量が最も大きくなっている。栄養塩フラックスが等しいAとCの間では壁面摩擦力の小さいCの現存量がAよりも大きくなっている。

微生物群集中の従属栄養代謝と独立栄養代謝の構成割合の指標であるMargalefの提唱した黄緑指数³⁾が円柱周辺付着物についてどのように分布しているか、その一例を示したのが図-7である。全体的に見て、壁面摩擦力が大きく、栄養塩の供給も大きいと考えられる円柱前面部の方が後面部よりも黄緑指数が小さい。一般に呼吸の少ない若い群集の方が、呼吸が相対的に多い古い群集よりも黄緑指数が小さいと言われていることから考えると、流れの存在によって、古い層ははく離流出し、かつ栄養塩の供給が促進されて、生産の活発な付着生物群集の成長が進むと言える。この傾向は開水路を使用して、その路床に付着生育する藻類を調べた研究においても確認された⁴⁾。

水を貯えた水槽中に円柱を設置して曝気しながら周辺に藻類を付着増殖させたものを水路中に立て、水を流して、はく離に関する実験を行った結果が図-8である。これより、流れのない状態で生育した付着藻類に対する壁面摩擦力とはく離率との間にはほぼ正の相関が見られる。

5. あとがき 本研究では前報に続いて流水中に立てた円柱を使って、藻類の付着増殖におよぼす流れ特性量の影響について検討し、いくつかの知見を得ることができた。今後、不十分な点についてさらに実験を追加し、これらの結果を使って、開水路場あるいは実河川における考察を進めて行く予定である。

参考文献

- 1) 住山・細井・村上・富山：土木学会中四国支部第36回研究発表会, 1984.
- 2) 細井・村上・住山：衛生工学研究論文集, Vol.21, 1985.
- 3) E.P.Odum (三島次郎 訳)：生態学の基礎, 培風館, 1974.
- 4) 住山・細井・村上：第19回水質汚濁学会講演集, 1985.

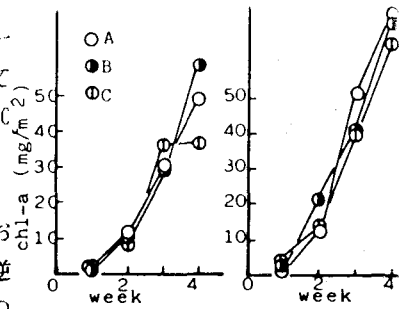


図-4 増殖曲線(CASE-1)

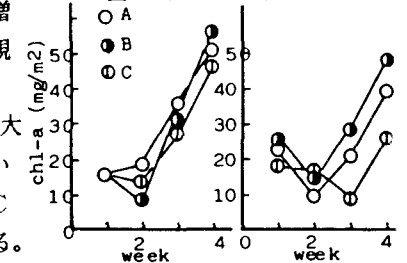


図-5 増殖曲線(CASE-2)

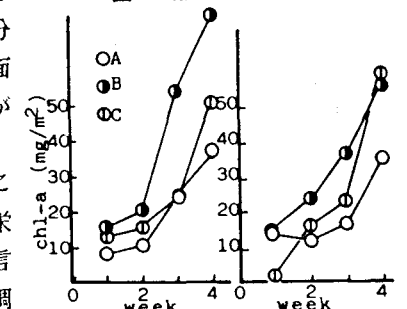


図-6 増殖曲線(CASE-3)

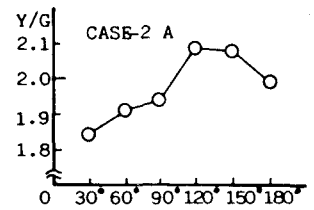


図-7 黄緑指数の分布

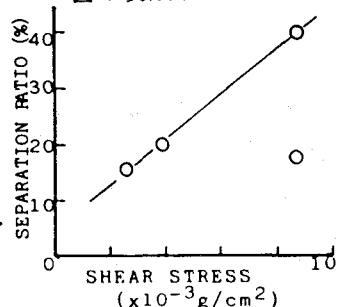


図-8 はく離率