

VII-23 赤潮鞭毛藻 *Peridinium bipes* のリン酸摂取について

北海道開発コンサルタント（株）^{※1} 中山 亮
建設省土木研究所 環境計画研究室^{※2} 天野 邦彦
同 上 寺川 陽

1. はじめに

毎年秋季から冬季にかけ流入端付近で淡水赤潮現象がみられるダムにおいて、その原因種である *Peridinium bipes* の分布について連続観測を行った結果、日中は表層に、夜間は底層に集積することが確認された。*P. bipes* は日中は表層で光合成を行い、夜間は栄養塩の豊富な底層に移動するものと考えられる。しかし、経時的な栄養塩摂取について定量的に測定した報告は少なく、栄養塩摂取の側面から赤潮発生機構について考察を行う目的で、*P. bipes* のリン酸摂取の日変化を室内実験により測定した。

2. 実験方法

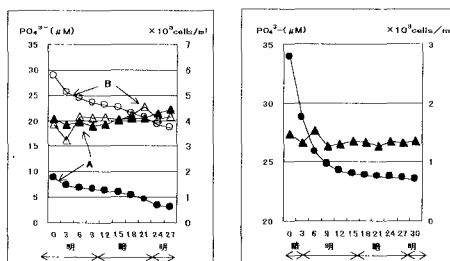
実験には 1998 年 12 月に貯水池流入端に発生した *P. bipes* を用いた。実験は容量 5 l の三角フラスコに走光性を利用して集めた *P. bipes* を含む 3.5 l の湖水を入れ、生育に必要な各種栄養塩を添加し、15 °C、6000lux、12 時間明暗としたインキュベータ内に静置して行った。添加した栄養塩は W1 培地（渡辺，1983）のリン源を KH_2PO_4 に変更し、他の成分を 1/5 量としたものである。実験は、栄養塩濃度及び細胞の生理状態の違いによる摂取速度の変化を測定するため、異なる PO_4^{3-} 濃度での摂取速度の変化の測定（実験 1）、リン制限下においた飢餓状態の試料での摂取速度の変化の測定（実験 2）とした。

実験 1 は、現地で採水した湖水に KH_2PO_4 を若干量添加し 3 日間インキュベータ内で実験と同様の条件で順化させ、実験開始時に KH_2PO_4 をさらに添加し、初期濃度を PO_4^{3-} として A：8.8 μM と B：28.7 μM とした。また試料 A、B 共 *P. bipes* の個体数は約 4×10^3 cells/ml となった。実験 2 は現地から採水した試料を 3 日間インキュベータ内に静置し、飢餓状態とした試料を用いた。実験開始時に KH_2PO_4 を添加し、初期濃度を PO_4^{3-} として 34 μM とした。*P. bipes* の個体数は 1.3×10^3 cells/ml となった。

実験 1、2 ともに用意した試料から 3 時間ごとに 50 ml 採取し、 PO_4^{3-} の測定および細胞数の計数を行った。 PO_4^{3-} の測定はモリブデン青（アスコルビン酸）吸光光度法により、細胞数の計数は 1 mm 方眼の目盛り付きスライドガラスに 0.1 ml の試料を入れ、顕微鏡下で計数し 1 ml 当たりの個体数に換算した。また、同時にコールターカウンター Z 2 型（コーラー製）を用いて個体数及び細胞粒径の測定も行った。

3. 実験結果及び考察

PO_4^{3-} 濃度の変化と細胞数の変化を図-1 に示す。*P. bipes* は明期暗期ともに PO_4^{3-} の減少がみられ、飢餓状態の試料の場合、 KH_2PO_4 添加直後 PO_4^{3-} の急激な減少がみられた。細胞数の計数により分裂時刻の把握も期待したが、各実験とも細胞数に明確な変化が見られず、コールターカウンターによる細胞粒径も平均 45 μm 程度と各時間帯でほぼ一定であった。各時間帯において減少した PO_4^{3-} がすべて *P. bipes* に摂取されたとして、 PO_4^{3-} の摂取速度（V）を次式を用いて算出した。

図-1 PO_4^{3-} 濃度と個体数の日変化● ○ PO_4^{3-} 濃度 ▲ △ *P. bipes* 個体数

キーワード：淡水赤潮、リン酸摂取速度、細胞内栄養塩含有量

連絡先：※1）〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4-1

※2）〒305-0804 つくば市大字旭1番地

TEL 011-801-1572 FAX 011-801-1573

TEL 0298-64-2269 FAX 0298-64-7221

$$V = -dS/dt/N \quad (1)$$

ここで、 $-dS/dt$ は単位時間での PO_4^{3-} 濃度の減少量、 N は細胞数である。

算出結果を表-1 に示す。

表-1 *P.bipes* の PO_4^{3-} 摂取速度

実験1における PO_4^{3-} の摂取速度は、A：21.8～128.2 fmol/cell/h（明期）、28.2～98.3fmol/cell/h（暗期） B：28.7～290.0fmol/cell/h（明期）、58.5～107.2 fmol/cell/h（暗期）となった。初期濃度が高いほど PO_4^{3-} の摂取速度が大きく、また KH_2PO_4 添加後最初の3時間が他の時間帯より摂取速度がやや大きかった。実験2における PO_4^{3-} の摂取速度は35.4～673.1fmol/cell/h（明期）、11.7～1242.4fmol/cell/h（暗期）となり、実験1と比較し KH_2PO_4 添加後最初の3～6時間の摂取速度が大きかった。

実験結果から栄養塩の摂取速度は、細胞内の栄養塩含有量に影響を受けるものと考えられることから、PILAR. *et al.*

(1997)のモデル式(2)により栄養塩摂取速度を再現することを試みた。

$$V = V_{max} ((q_{max} - q) / (q_{max} - q_{min})) (S / (K_s + S)) \quad (2)$$

ここで、 V ：栄養塩摂取速度 (pg-P/cell/h)、 V_{max} ：最大栄養塩摂取速度 (pg-P/cell/h)、 S ：初期栄養塩濃度 (μM)、

K_s ：半飽定数 (μM) q_{min} ：最小細胞内栄養塩含有量 (pg-P/cell)、 q_{max} ：最大細胞内栄養塩含有量 (pg-P/cell)

各値は実験2の結果を用い、 V_{max} は最初の3時間から算出された速度、 S は実験開始時の $PO_4 - P$ 濃度、 q_{max} は 実験終了時まで減少した $PO_4 - P$ がすべて *P. bipes* に摂取されたものとし、その減少量から算出した。 q_{min} については、現地での状態がきわめて最小に近いものと考え、現地調査から算出した値を用いた。 K_s は本実験では求められていないが、設定した $PO_4 - P$ 濃度 (S) に対し非常に小さいものと考え無視した。各値を表-2 に示す。

栄養塩摂取速度計算値と実測値の関係を図-2 に示す。計算は1ケースのみの場合ではあるが、表-2 で与えた諸元を用いると式(2)で再現よく表現できた。

4. まとめ

P.bipes は日中及び夜間とも同様に PO_4^{3-} を摂取でき、また、飢餓状態では急速に PO_4^{3-} を摂取できる能力があることが明らかになった。*P.bipes* は夜間においても栄養塩の摂取速度が大きく減ずることもなく、底層に移動した際に栄養塩摂取が可能である。この栄養塩摂取能力と日周垂直移動能力により、貯水池流入端に生起する流れにより形成された環境に適合し、貯水池流入端に集積することで、濃厚な赤潮を形成する原因になったと考えられる。摂取速度は用いたモデル式で比較的良好に表現できたが、培地のリン濃度がリン酸摂取に与える影響についても検討する必要がある。

<参考文献>

PILAR,H *et al.*(1997) : Modeling eutrophication kinetics in reservoir microcosms. Wat.Res,31 (10) : 2511-2519

渡辺 信(1983)：純粋培養法による淡水赤潮 *Peridinium* の増殖特性の解析－合成培地の確立。国立公害研究所研究資料, 24:111-121

実験1				実験2			
	hrs	LorD	V(fmol/cell/h)		hrs	LorD	V(fmol/cell/h)
A	0-3	L	128.2		0-3	D	1242.4
	3-6	L	40.7		3-6	L	673.1
	6-9	L	25.0		6-9	L	247.6
	9-12	L	24.9		9-12	L	147.6
	12-15	D	28.2		12-15	L	71.3
	15-18	D	47.0		15-18	D	11.7
	18-21	D	66.2		18-21	D	36.5
	21-24	D	98.3		21-24	D	12.1
	24-27	L	21.8		24-27	D	23.7
					27-30	L	35.4
B	0-3	L	290.0				
	3-6	L	119.9				
	6-9	L	66.5				
	9-12	L	28.7				
	12-15	D	58.5				
	15-18	D	73.4				
	18-21	D	72.7				
	21-24	D	107.2				
	24-27	L	42.5				

L:明期 D:暗期

f mol = 10^{15} mol

表-2 計算諸元

V_{max} (pg-P/cell/h)	40
S (μM)	34
q_{min} (pg-P/cell)	140
q_{max} (pg-P/cell)	400

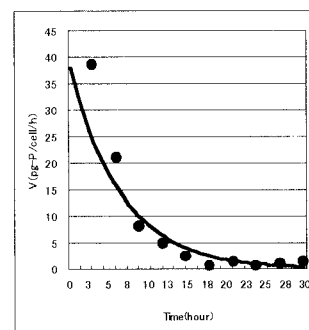


図-2 $PO_4 - P$ 摂取速度計算結果