

# VII-15

## 河床－河川水間の栄養塩フラックスに及ぼす下水処理水放流の影響

東北大学工学部 学生員○菅原智彦 高谷圭吾

東北大学工学研究科 正 員 坂巻隆史, 西村 修

### 1 はじめに

河川の汚濁には、河川への汚濁物質の流入に加えて河川に流入する窒素・リンを栄養源とした、特に河床で生産される付着生物膜による汚濁が考えられる。しかし、その現象についてはまだ十分な把握がなされていない。河床付着生物膜を介した汚濁を把握するには、河床と河川水間の N, P の移動を理解する必要がある。そのためには、懸濁態としての堆積と剥離、溶存態として溶出や吸収のフラックスを測定して、N, P の収支を整理する必要がある。これらのフラックスに影響を及ぼす様々な因子の関係も把握していかなければならない。

本研究では無機態の N, P フラックスを主として、河川水中の N, P 濃度が変化する下水処理放流点の上流部と下流部の河床と河川水間の N, P の移動を調査し、フラックスに特に大きな影響を与えると考えられた栄養塩濃度との関係を中心に解析した。

### 2 調査方法

#### 1) 調査地点と期間

調査対象は、七北田川中流の K 下水処理場の上流部に A, B 地点と下流部に C, D 地点の計 4 地点とした。各地点の流速、水深、水質を表 1 に示す。調査期間は 2002 年 9 月 19 日から 12 月 2 日で、約 3 日おきに行った。

#### 2) 河川水質調査

ポリ容器に採水して実験室に持ち帰り SS,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ , POC, DTN, DTP, PN, PP を測定した。

#### 3) 栄養塩フラックス調査

調査開始の約 1 月前に、アングルに固定したセメント

表1 各調査地点の流速、水深、水質の調査期間中の平均値

| 地点                            | 上流部   |      | 下流部   |      |
|-------------------------------|-------|------|-------|------|
|                               | A     | B    | C     | D    |
| 平均流速 (m/s)                    | 0.58  | 0.28 | 0.28  | 0.51 |
| 平均水深 (cm)                     | 5.3   | 29.5 | 14.9  | 7.7  |
| $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l) | 0.046 |      | 0.425 |      |
| $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l) | 0.322 |      | 0.771 |      |
| $\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/l) | 0.005 |      | 0.025 |      |
| $\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/l) | 0.014 |      | 0.102 |      |

製付着板(5×10cm)を各地点の河床に延べ 72 枚ずつ設置した。フラックスの測定時には、明条件用の透明なタッパと暗条件用のアルミホイルを巻いたタッパそれぞれに、付着板を 2 枚ずつアングルから取り外して入れた。そして、タッパ内に空気が入らないように河川水で満たし密閉した後、それを河床上に約 2 時間静置する。その直後に河川水のサンプリングを行った。2 時間後、タッパ内の水を採取して、 $0.45\mu\text{m}$  メンブレンフィルターでろ過し、スクリーン管に採取し、実験室に持ち帰った。その後、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  濃度を測定した。同時に、タッパ内の水をフラン瓶に採取して現場で固定し、実験室でウインクラー法に基づき DO を測定した。フラックスはタッパ放置前の河川水と 2 時間経過したタッパ内の水の栄養塩濃度差にタッパ内の体積(0.62l)を掛け、付着板の面積、計測時間で割り、単位を  $\text{mg/m}^2/\text{h}$  とした。

#### 4) 付着生物膜調査

タッパによるフラックス調査の採水後、付着板から生物膜を歯ブラシでバットに擦り取り、蒸留水で洗い流しながらポリ容器に採取して実験室に持ち帰った。その後、ポリ容器を 500ml までメスアップして GF/C フィルターでろ過後、付着生物膜中の C, N, P 量を測定した。

### 3 結果と考察

各地点とも付着生物膜量の窒素は炭素と明確な比例関係を有したことから、ここでは付着生物膜量を N 量で考察する。図 1 には B, C 地点の付着生物膜中 N 量の経日変化を示す。下流部の C 地点では、付着生物膜量の増加速度が上流部の B 地点に比べ大きく、また、出水時の剥離量が大きかった。これは、A, D 地点でも同様であった。C 地点での増加速度が大きいのは、下水処理水放流により、下流部で河川水中の N, P 濃度が高くなり、藻類の光合成が活発に行われたためと考えられる。一方、剥離に関する研究で、大橋ら<sup>1)</sup>は付着してから 40 日位で生物膜は大規模な剥離があり、これは生物膜と支持体との間に空洞が形成され、これが次第に大きくなり、ついには生物膜がきれいに、しかも大きく剥離したとあり、また海野ら<sup>2)</sup>は、好気性の生物膜内に空洞部分が生じ、これが剥離につながると報告している。よって、出水時の付着生物膜の剥離は流体せん断力等の外的因子よりも内的因子に

支配されていると考えられる。ただし、実際に採取した付着生物膜を顕微鏡で確認したが、明確な差や優占種はわからなかった。

図2にはB、C地点の明条件DINフラックスの経日変化を示す。B地点のフラックスの変動は小さく調査期間を通じて、やや吸収傾向にある。C地点はDINフラックスが大きく変動し、図1の結果と合わせて考えると、出水直後に溶出する傾向が明らかであった。10月5日は調査に手間取り暗い中で調査をしたことも原因と考えられるが、10月25日は $\text{NH}_4\text{-N}$ よりも $\text{NO}_3\text{-N}$ が溶出しており、硝化が行われていたと考えられる。この日D地点でも $\text{NO}_3\text{-N}$ が溶出していたが、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、DOはC地点と異なり吸収されていた。

N、Pフラックスと水温、照度、DO、付着生物膜量、増加量との間に明確な相関は見受けられなかった。しかし、上流部A、B地点では常に明条件、暗条件共に $\text{NH}_4\text{-N}$ フラックスと $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に高い相関があった( $R=0.81\sim0.98$ )。これ

は、普段 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の低い環境におかれている生物膜が、一時的な濃度の上昇に反応して藻類による取り込みや、硝化が活発化したためと考えられる。

表2にはB、C地点における付着生物膜中のNが増加し、かつDINが取り込まれている期間のDIN取り込み量と付着生物膜中のN増加量を示す。DIN取り込み量については、各測定インターバルではDINフラックスは一定と仮定し、(明条件でのフラックス+暗条件でのフラックス) $\times$ 12時間 $\times$ インターバルの日数より求めた。付着生物膜中のN、P増加量と無機栄養塩の取り込み量をみると、いずれも下流が上流を上回る場合が多く、下流での付着生物膜による取り込みの活発さと、その生物膜の発達とが整合する傾向を示していた。しかし、取り込み量/増加量比をみると、全地点で付着生物膜のN増加量に対してDINの取り込み量が小さく、取り込み量は過小評価されている可能性があった。

表2 DINフラックスの吸収量と付着生物膜中のNの増加量

|   | 期間          | DIN取り込み量 (g/m <sup>2</sup> ) | 付着生物膜Nの増加量 (g/m <sup>2</sup> ) | 取り込み量/増加量 |
|---|-------------|------------------------------|--------------------------------|-----------|
| B | 10/8~10/17  | 0.260                        | 0.608                          | 0.49      |
|   | 10/25~11/5  | 0.514                        | 1.073                          |           |
|   | 11/15~11/24 | 0.489                        | 0.885                          |           |
| C | 10/5~10/17  | 1.219                        | 4.408                          | 0.36      |
|   | 10/25~11/8  | 1.163                        | 2.305                          |           |
|   | 11/15~11/21 | 0.401                        | 1.370                          |           |

1) 大橋昌良, 原田秀樹, 桃井清至(1991)

平板上に形成される脱窒処理生物膜の生長過程, 衛生工学研究論文集, 第27巻, 45-54

2) 海野肇, 橋本直樹, 有畑高司(1986)

好気性付着生物膜の形成過程—酸素消費速度と膜構造による解析—, 水質汚濁研究, 第9巻 第10号

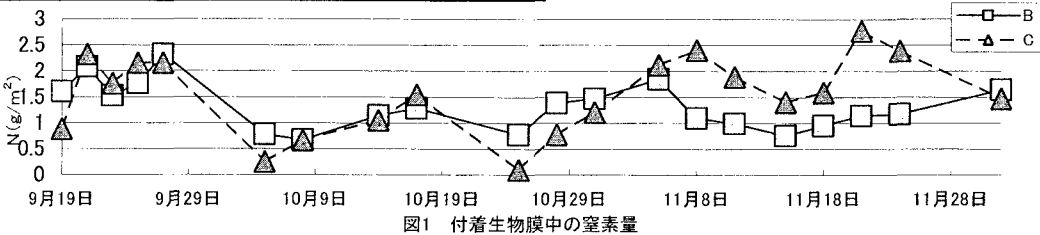


図1 付着生物膜中の窒素量

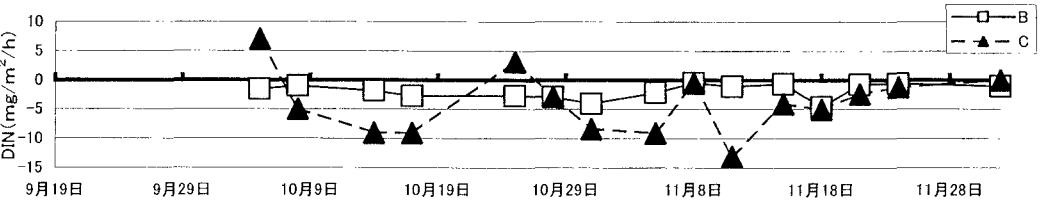


図2 DINフラックスの時系変化