

- ⑤ Though the sessile algae growth was slow in winter and rapid in summer, the tendency of its maximum standing crop was observed in winter. C-BOD was influenced mostly by the sessile algae in winter.
- ⑥ The standing crop existence of the sessile algae in Tamagawara-hasi was about 2.5 times as large as that of Koremasa-hasi. It suggests that this was attributed to the influence of concentration of nutrient from K sewage disposal plant.

Keywords : Tamagawa River, C-BOD, C-BOD discharge, TOC, sessile algae

1 はじめに

東京都水環境保全計画では、多摩川中流部の水質は、環境基準C類型 (BOD 5 mg/l 以下) を早期に達成し、より上位のB類型 (BOD 3 mg/l 以下) を目指すとしている。

多摩川の水質は、1975年頃までは悪化傾向にあったが、その後、工場・事業場の排水規制、下水道の普及、生活排水対策によって徐々に改善されている。図1に示すように田園調布堰でのBOD値は、1997年4月から1998年3月まで 4 mg/l 以下と低い値で推移してきている。このように多摩川中流部は環境基準C類型を達成しつつあるが、長期目標のB類型には達していない。B類型を満たすためには、多摩川中流部のBOD負荷量をさらに削減しなければならない。

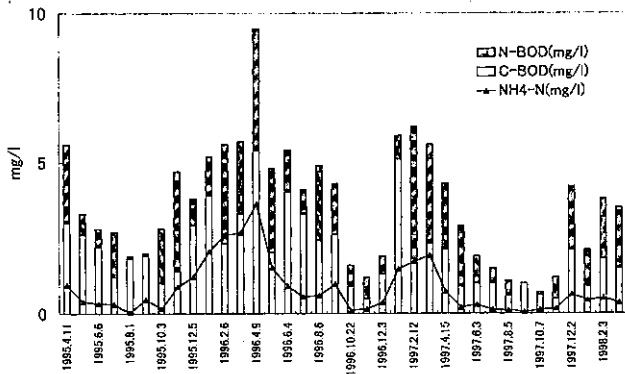


図1 田園調布堰のBOD内訳とNH₄-Nの経月変化

既報²⁾で述べたように、多摩川中流部の水質を改善するためには、NH₄-Nの排出量を抑制してN-BODの低減を進めるとともに、C-BODを合わせて削減することが必要である。前回、N-BODの負荷量削減対策を検討し、田園調布堰でN-BOD値を 1 mg/l 以下にするには、下水処理場排水のNH₄-N濃度を 4 mg/l 以下に低減する必要性を示した。今回、C-BODの負荷量削減対策を検討するため、多摩川中流部のC-BODの構成とその起

源について調査したのでその結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査対象

前回の調査で多摩川中流部のC-BODに対して最も大きな流出源となっていたのはK処理場であったことから、調査地点はK処理場の河川水への負荷影響が把握できるように選択し、多摩川中流部の多摩川本川5ヶ所、下水処理場の放出口1ヶ所を調査対象とした。調査地点を図2に示す。

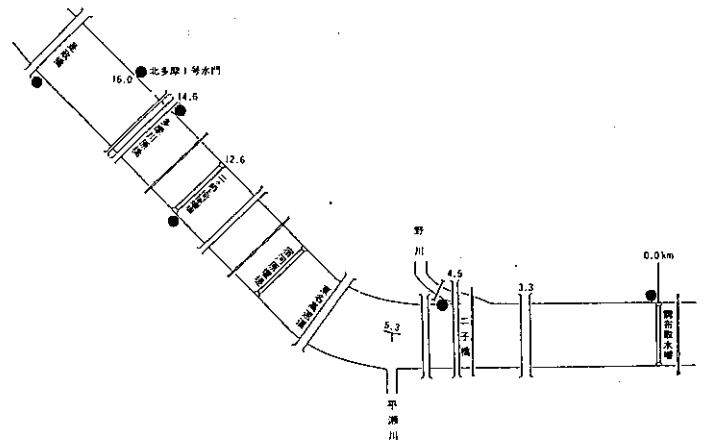


図2 多摩川中流部の調査地点

(2) 試料採取方法

(ア) 河川水と付着物

各調査地点で河川水と下水処理水の採水を行い、保冷して持ち帰った。多摩川本川の調査地点のうち二ヶ領上河原堰 (以下「二ヶ領」と言う。) を除く4ヶ所では河川水の採水と同時に石礫の付着物の採取も行った。径15-20cmの石礫を3個取り、石礫の平滑な表面部分に5cm×5cmのゴム製のコドラートを置き、コドラートの外側をブラシで剥ぎ取った後、コドラートの内側を蒸留水とともにバット内にこすり落とし、3個分合わせて試料

とした。試料は保冷して持ち帰った。

(イ) 人工板への付着藻類の発達

多摩川原橋において、コンクリートブロック（縦30cm×横30cm×厚さ5cm、重さ約5kg）板を河床に設置した。このブロックの表面には、5cm×5cmの区画が計25ある。設置後、約1週間おきに毎回3区画の付着物をブラシで剥ぎ取り、蒸留水とともにバット内にこすり落とし、3区画合わせて試料とした。試料は保冷して持ち帰った。

(3) 調査期間

(ア) 河川水と付着物

河川水の調査は1996年10月8日から1997年2月、1997年6月から1998年3月の2ヶ年にかけて、月1～2回の頻度で実施した。また、付着物の調査は1997年6月から1998年2月に月1回の頻度で実施した。

(イ) 人工板への付着藻類の発達

調査は1997年8月26日から1998年3月3日にかけて約1～2週間間隔で実施した。10月23日と12月26日には付着物を全て剥ぎ落として、新たな付着藻類の発達の経過を調べた。

(4) 調査項目

JIS、上水試験方法に準じて、次の項目を分析した。

(ア) 河川水と付着物

河川水：C-BOD、粒度別(*C-BOD、COD、粒度別(*COD、TOC、粒度別(*TOC、NH₄-N、クロロフィルaとフェオフィチン

(*粒度別：0.4μm、1μm、8μmのWhatmanポリカーボネイトメンブレンで濾過した濾液をそれぞれ使用)

付着物：C-BOD、TOC、クロロフィルaとフェオフィチン

(イ) 人工板への付着藻類の発達

クロロフィルaとフェオフィチン

(以下、クロロフィルaとフェオフィチンの合計をクロロフィルと言う)

田園調布堰の河川流量データは、都水道局の連続観測値、K処理場の排水量は同処理場管理日報の値を用いた。

3 結果及び考察

(1) C-BODの構成

C-BODの起源を探るため、0.4μm以下、1μm以下、8μm以下、原水の4段階に分けてC-BODを測定し、そ

の結果から0.4μm以下、0.4～1μm、1～8μm、8μm以上という4段階の粒度別C-BODへの影響を調べた。ここでは0.4μmを通過したものを溶解性C-BOD、0.4μmを通過しないものを浮遊性C-BODとする。

図3にC-BODの粒度構成の調査地点変化を示す(延べ13回の調査について、図4,5も同様)。0.4μm以下の溶解性C-BODは約0.5mg/lでほぼ一定しているのに対して、0.4～1μm、1～8μm、8μm以上のC-BODは地点による変化がみられた。0.4μm以上を合計した浮遊性C-BODは0.6～0.9mg/lで、全C-BODの50～70%を占めており、浮遊性C-BODの変化がC-BODの変化を起こしていた。

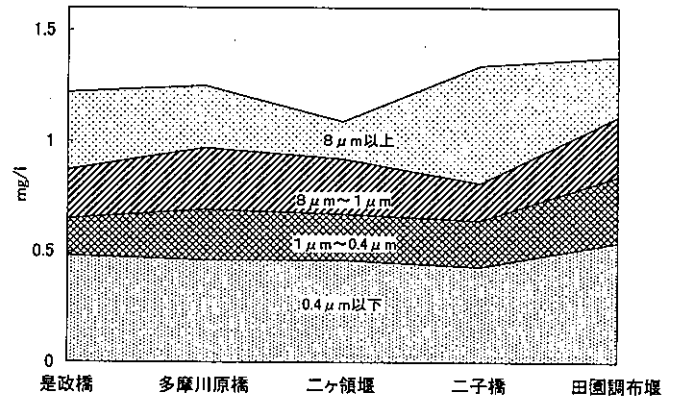


図3 1997/8/6～1998/2/3 C-BOD粒度構成の地点変化(平均値)

図4にCODの粒度構成の地点変化を、同じく図5にTOCの粒度構成の調査地点変化を示す。COD、TOCについても、0.4μmを通過したものを溶解性、0.4μmを通過しないものを浮遊性とする。CODにおいて溶解性CODは各調査地点で約90%以上を占め、TOCにおいて

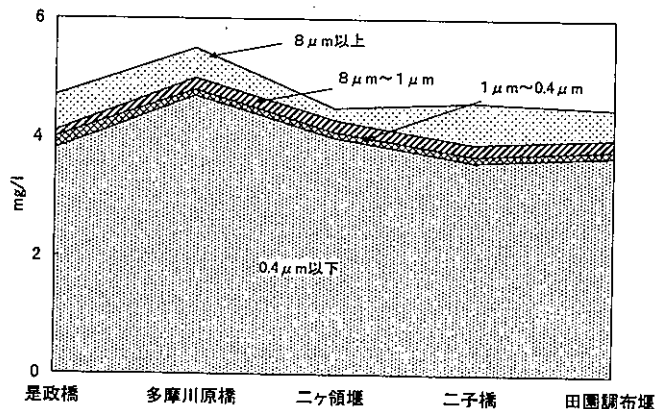


図4 1997/8/6～1998/2/3 COD粒度構成の地点変化(平均値)

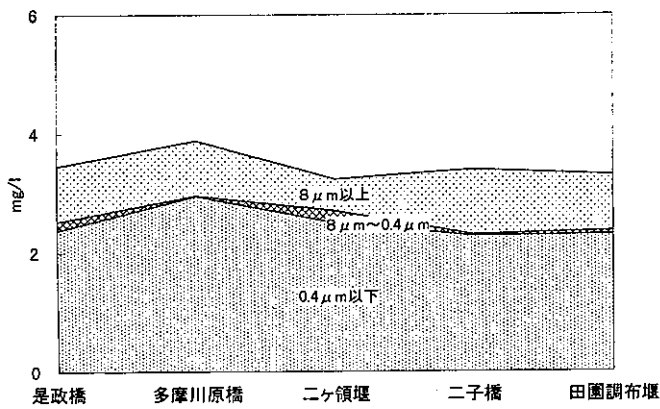


図5 1997/8/6~1998/2/3
TOC粒度構成の地点変化(平均値)

溶解性TOCは各調査地点で約70%以上を占めた。

C-BOD、COD、TOCの値は、いずれも、是政橋の下流にあるK処理場の影響を受けて、多摩川原橋で増加し、その後、二ヶ領堰で減少するが、再び二子橋で増加してそのまま田園調布堰に移行するというパターンがみられた。二ヶ領上河原堰での減少については、安藤ら³⁾と同様の沈殿浄化効果によるものと考えられる。

(2) C-BODの経時変化

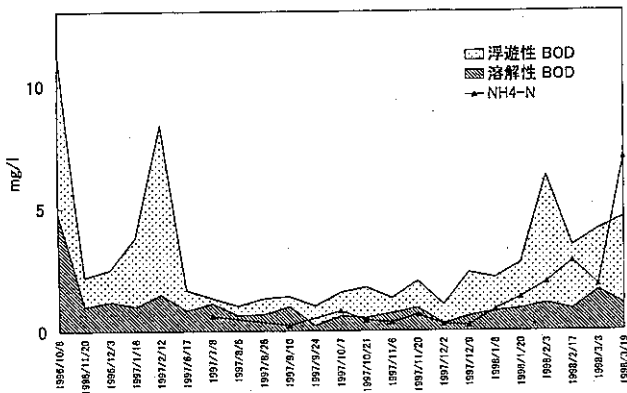


図6 K処理場のC-BOD内訳とNH₄-Nの経月変化

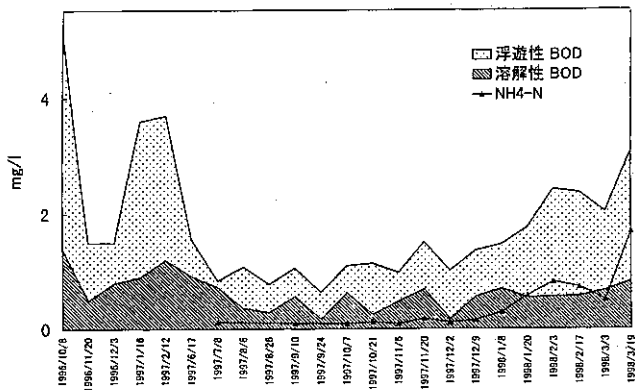


図7 多摩川原橋のC-BOD内訳とNH₄-Nの経月変化

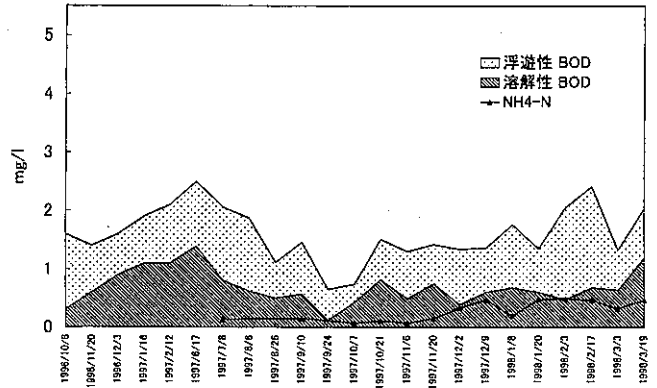


図8 田園調布堰のC-BOD内訳とNH₄-Nの経月変化

図6にK処理場、図7に多摩川原橋、図8に田園調布堰における浮遊性C-BOD・溶解性C-BOD・NH₄-Nの経時変化を示す。図6と図7より、溶解性C-BODは変化が比較的小さいのに対し、浮遊性C-BODは増減が大きく、C-BODに影響を与えているのは浮遊性有機物であることがわかる。下水処理場の処理効率が低下する冬期(1~3月)に、K処理場での浮遊性C-BODの増加と対応して多摩川原橋での浮遊性C-BODが増加している。一方、冬期以外の期間においても、多摩川原橋、田園調布堰の浮遊性C-BODは全C-BODの50%以上を占めているが、この期間のK処理場のC-BODが高くないことから考えて、浮遊性C-BODの起源として下水処理場排水以外の別要因が考えられる。

(3) C-BOD負荷量の地点別変化

上記ではC-BODを濃度変化のみについて検討したが、次に負荷量で検討する。図9にC-BODのK処理場の流入負荷と多摩川本川の是政橋と多摩川原橋での負荷量の経時変化を示す。なお、多摩川原橋の流量は田園調布堰と同じとし、是政橋の流量は多摩川原橋の流量からK処

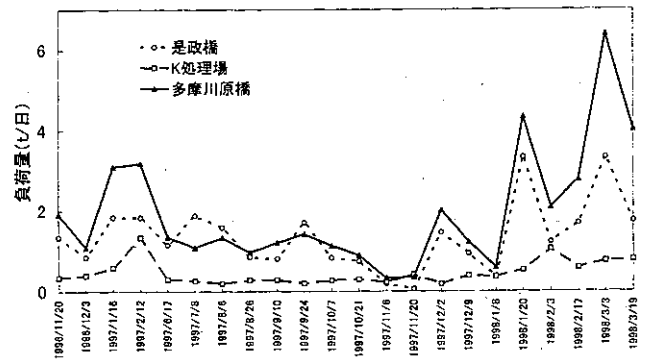


図9 C-BODのK処理場負荷量と多摩川本川の負荷量

理場の排水量を差し引くものとした。K処理場の影響によってC-BOD負荷量が増加したのは1997年2月12日だけであって、全般に冬期であってもC-BOD負荷量の変動に対するK処理場の影響は比較的小さい。このように、K処理場の影響が大きいのは冬期の一時期だけで、K処理場以外の要因が大きく寄与していることがわかる。K処理場以外の要因としては、(ア)河床における内部生産、(イ)雨天時における合流式下水道からの雨水流出による河床に堆積した有機物質の掃き出し、(ウ)未処理の生活排水の流入などが考えられるが、その中で最も影響が大きいのは(ア)の内部生産であると推測される。

(4) 河川内部生産

内部生産に由来するものとしては、河床で増殖した付着藻類・細菌類・原生動物等の剥離が考えられるが、今回は付着藻類について検討した。図10に1997年10月21日の浮遊性および溶解性C-BODの調査地点変化を、図11に同日の河川中の藻類(クロロフィル)量の調査地点変化を示す。両図を比較すると多摩川原橋と二子橋で浮遊

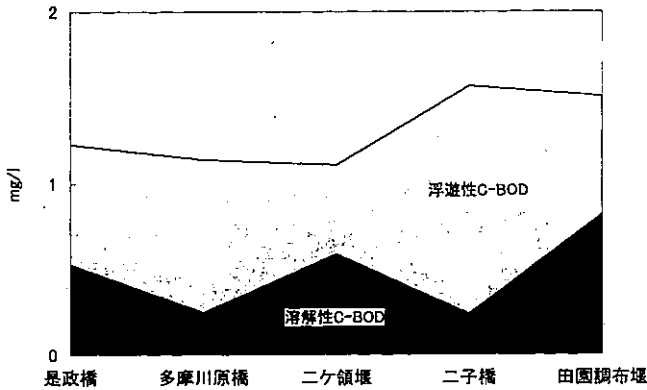


図10 1997/10/21のC-BODの内訳

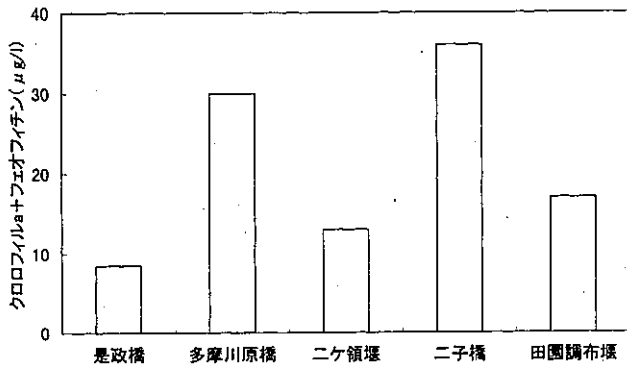


図11 1997/10/21の河川水中の藻類(クロロフィル)量の地点変化

性C-BOD、藻類量とともに増加しており、このことは付着藻類が剥離したものが河川中に浮遊性有機物として存在し、C-BODに対する寄与が大きいことを示唆している。

C-BODに対する付着藻類の寄与率を次のように求めた。図12に示すように河床付着物のクロロフィル量(付着藻類の現存量)とC-BODを分析したところ両者には $r^2=0.85$ の高い相関があり、クロロフィル量1mgあたりC-BODmgとして38.7という値が得られた。また、TOCについても参考までに相関を求めると、図13に示すように

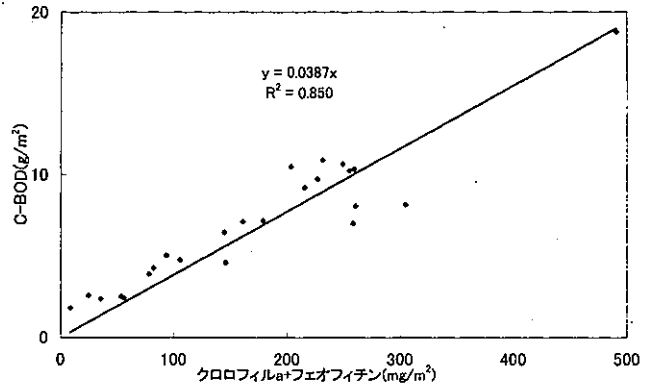


図12 付着物におけるC-BODとクロロフィル量の関係

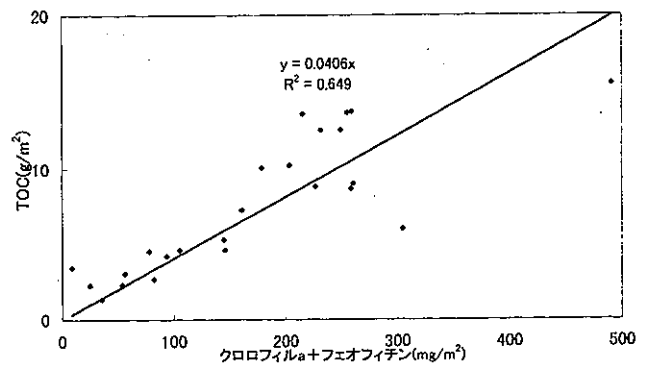


図13 付着物におけるTOCとクロロフィル量の関係

付着物におけるクロロフィル量とTOCは $r^2=0.65$ の相関があり、TOCmg/クロロフィルmgとして40.6が得られた。なお、付着物におけるクロロフィル量とC-BODの相関・クロロフィル量とTOCの相関を求める際、田園調布堰の流速は堰の影響で20cm/s以下と他地点に比べて非常に遅く、付着藻類の生育にデトリタスの影響が加わると考えられたため、田園調布堰のデータは除外した。

図14に河川中のクロロフィル量に相当するC-BOD値の河川水C-BODに対する割合を示す。図15に河川中の

クロロフィル量に相当するTOC値の河川水TOCに対する割合を示す。剥離した付着藻類が河川水の有機物量(C-BOD、TOC)に寄与する割合は下流に行くに従って大きくなることわかる。

以上の解析により、河川水の内部生産として付着藻類の由来の有機物質の影響が明らかとなった。ただし、剥離した付着藻類は、流下中に、水生動物に摂食されたり、クロロフィルの活性が小さくなる可能性があり、クロロフィル量から推定する量以上に付着藻類が存在していたと考えられる。つまり、付着藻類が河川水C-BOD、TOCに寄与する割合はもっと高いと考えられる。

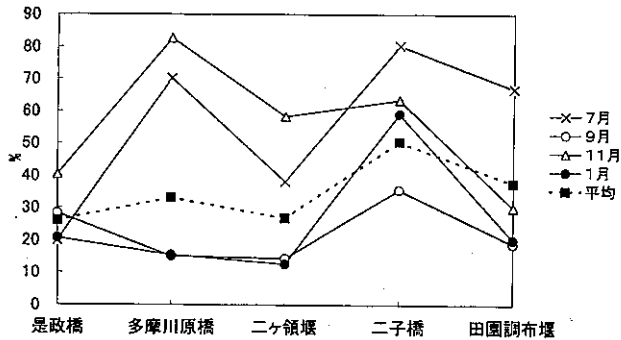


図14 付着藻類由来のC-BOD比率
(河川中のクロロフィル量に相当するC-BOD値の河川水C-BODに対する割合)の地点変化

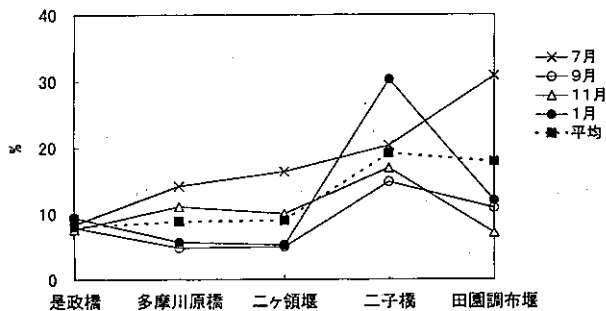


図15 付着藻類由来のTOC比率
(河川中のクロロフィル量に相当するTOC値の河川水TOCに対する割合)の地点変化

(5) 付着藻類の発達と剥離

図16に多摩川原橋に設置した人工板上に形成された付着藻類量の経日変化を、図17に田園調布堰での流量の経

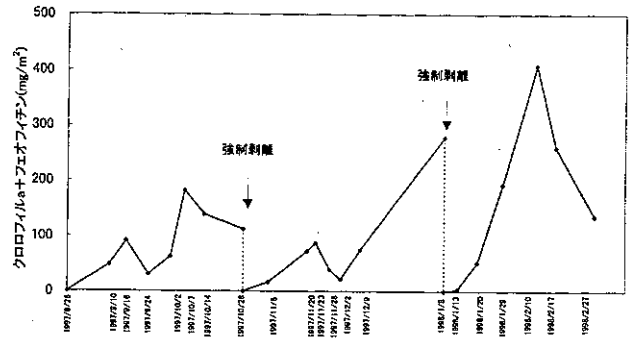


図16 多摩川原橋における付着藻類の発達

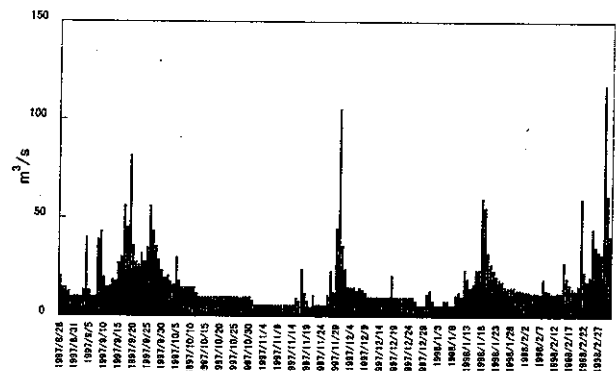


図17 田園調布堰における河川流量の経月変化

日変化を示す。付着藻類の発達の過程はいずれもほぼ指数的な増殖を示したが、増水の後に付着藻類の現存量が低下しており、流量変化が付着藻類量に大きく影響している。これは、増水により、付着藻類の剥離流失がおこるためである。夏(8月~9月)は成長が速く、約21日で最大現存量(クロロフィル量として100~200mg/m³)に達するのに対し、冬(1月~2月)は最初の成長は遅く、約33日で夏より高い最大現存量(クロロフィル量として300~400mg/m³)に達した。夏期に成長速度が大きくなるのは水温の上昇や日射量(光量)の増加により成長活性が高くなること、冬に現存量が大きくなるのは降水量が少ないため安定して成長できることや水温の低下で呼吸速度が小さくなることなどが要因と考えられる⁵⁾⁶⁾。季節により発達に違いが見られ、付着藻類のC-BODに対する影響は冬期の方が大きいといえる。

(6) 付着藻類の現存量

図18に各調査地点での付着藻類の現存(クロロフィル)量を示す。調査地点によって違いが見られ、多摩川原橋が最も大きい。調査地点は田園調布堰を除きほぼ同

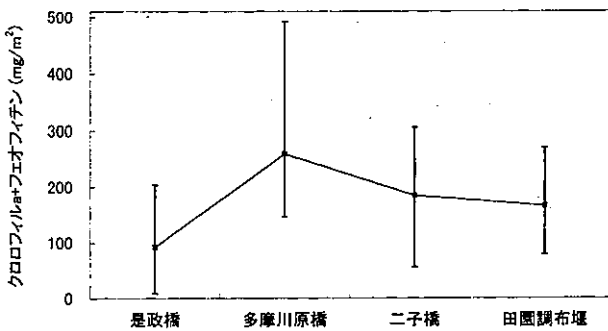


図18 1997/6/17~1998/2/3
付着藻類 (クロロフィル) 量の地点変化 (平均値)

じ流速 (約100cm/s)、水深 (20~30cm)であり、物理条件の違いは小さい。付着藻類は河川水中の窒素、リンを主な栄養源として増殖する。K処理場直下の多摩川原橋における付着藻類の現存量が大きい理由として、河川水中の窒素やリンなど栄養塩による影響、処理場排水の水温による影響などいくつかの要因が考えられる。

4 おわりに

以上の調査結果により、次の点が明らかとなった。

①各調査地点で、C-BODを溶解性と浮遊性に分けて分析したところ溶解性C-BODはほぼ一定であった。浮遊性C-BODはC-BODの50%以上を占め、浮遊性C-BODの変化がC-BOD値に影響していた。

②多摩川中流部の浮遊性C-BODに対するK処理場の直接的な影響は冬期の一時期だけであった。

③河川中の付着藻類由来のC-BOD割合は二子橋、田園調布堰で38~51%と大きかった。

④河川中の付着藻類由来のTOC割合は二子橋、田園調布堰で約20%と大きかった。

⑤付着藻類は夏期に速く成長するのに対し、冬期は成長は遅いが最大現存量は夏期より大きくなる傾向が見られ、付着藻類のC-BODに対する影響は冬期に大きかった。

⑥付着藻類の現存量は多摩川原橋で是政橋の約2.5倍となり、K処理場排水の栄養塩濃度の影響が示唆された。

付着藻類の増殖要因は主として窒素とリンであり、これらの栄養塩をどこまで削減すればよいかを知るためには栄養塩の濃度とその取込み速度との関係を明らかにする必要がある。また、付着藻類の発達に対して今回見ら

れたように、水温、日射量 (光量)、流量などの影響が考えられ、これらの影響を正しく把握しなければならない。さらに、付着物には付着藻類だけではなく細菌・原生動物・後生動物などさまざまな微生物が含まれ、それらが複雑な食物連鎖系を形成している。また藻類は有機物の生産者であると同時に酸素の供給者としてこれら微生物群集の維持に役だっている⁷⁾。河床に分布する付着物は複雑な生物組成で多様な機能を持つ系であり、その系全体の発達に伴う解析が必要である⁸⁾。これらの定量的評価をふまえた上で、付着藻類を削減し、流下する藻類量を小さくする方策を示すことが今後の課題である。

5 謝辞

本調査を進めるにあたり、東京都立大学理学研究科生物専攻の渡辺泰徳教授には多大なご助言をいただいた。ここに深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 平成7、8、9年度公共用水域及び地下水の水質測定結果、東京都環境保全局水質保全部。
- 2) 和波一夫ら：多摩川中流部の再生に関する研究-多摩川のアンモニア性窒素等の排出負荷量と削減対策について、東京都環境科学研究所年報1997、p.228-236。
- 3) 安藤晴夫、曾田京三：河川の浄化に関する研究 (その3)、東京都公害研究所年報1982、p.97-102。
- 4) 桜井善雄：千曲川中流域におけるperiphytonによる有機物生産とその河川水質への寄与、環境科学研究報告集「河川における物質循環」1985。
- 5) 渡辺義人、西江敬一、桜井正人：河川の付着性微生物による有機物の生成、用水と排水1975、17(6) p. 685-692。
- 6) 小林節子：着生微生物の剝離による河川水質への影響、水質汚濁研究1982、5(6) p. 329-339。
- 7) 渡辺泰徳：多摩川における底生付着微生物群集の解析とその環境改変作用の評価、(財)とうきゅう環境浄化財団研究助成 No.130、1990。
- 8) 相崎守弘：富栄養河川における付着微生物群集の発達にともなう現存量および光合成量の変化、日本陸水学会誌1980、41(4) p. 225-234。