

京都大学工学部 正 員 寺島 泰

京都大学工学部 学生員 ○山木 省一

1. はじめに

我国の河川における水質変化に係わる特徴的な要因として、水深が浅く河床構造の影響が大きい。従ってまた再ばっ気効果や底生生物作用が大、汚濁物貯留や貯留汚濁物ないしは低質の影響が大きいなどのことが指摘され、とくに中小の汚濁都市河川においてはその傾向が大きい。浮遊性、溶解性のBOD、COD、窒素等、多くの対称汚濁物に加えてこれらの要因とこれらの局所個有性が現象を複雑にしている(図-1)。これに対して徹視的・実験室的な研究から巨視的なフィールド研究まで多くの努力も払われ個別の現象の把握や総合的モデル化に関する成果も集積されてきたが、関連要因を総合的に対象とするにはフィールド研究には制約が多い。従って本研究では浅水深の河川を対象に、特に河床構造、河床生物、流れ特性を要因とし、循環人工水路においてこれらを制御しつつ、総合モデル化のための準巨視的から巨視的な把握を目的として研究を行うこととした。今回は実験水路の特性と、河床の構成物や生物の影響のない系における有機物、Nの冬期低水温時の挙動について行った実験結果を報告する。

2. 実験方法

図-2の実験水路を用い水路の再ばっ気特性と河床構造との関係調べるため、表-1の砂利石を敷いた場合と平滑な場合について、流速を変化させて垂硫酸ソーダ法によって再ばっ気係数を測定した。さらに、京都市西高瀬川鳥羽下水処理場放流口下流にて採取した河川水を水路に導入し、冬期、底石のない状態での水質変化を測定した。水深は10cm、流速は0.285 m/sとした。また同時に、窒素化合物のBODへの寄与について、BOD試験法に基づいて検討した。

3. 結果と考察

水路の再ばっ気係数は流速と共に増大しており、傾向は従来の研究結果とも一致している。また底石の影響については、砂利径の増大と共に係数は増大していると見てよく、流れの乱れの増加によるものと考えられる。

人工水路における水質変化(各態窒素)を図-4, 5に示す。BODは初期の12.36 mg/lから一次反応的に減少しており、脱酸素係数は0.0421 [1/day]であった。DOについては冬期低水温時(4.2~8.5℃)でもあり、水路の再ばっ気が酸素消費を上回って飽和状態となり、水温から計算されるDO値にほとんど一致した変化を示した。従ってまた、Streeter-Phelps型のBOD、DO変化の関係は認められなかった。SSは、4.6~18.6mg/lの変動を示したが、原因究明は課題として残した。

硝化の動力学については、モノタイプのバクテリア増殖動力学の考え方と、一次反応説などがあるが、本実験の結果では零次反応に近いアンモニア態窒素の減少が認められたので、アンモニアについては零次反応、一次反応の二つの場合を対象とした。供試河川水はアンモニア態窒素濃度が高く、有機性SSの分解によるアンモニア態窒素供給

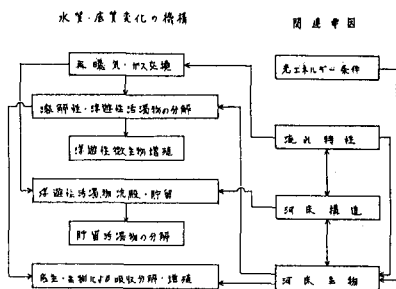


図-1 浅水深河川における有機物水質変化の機構

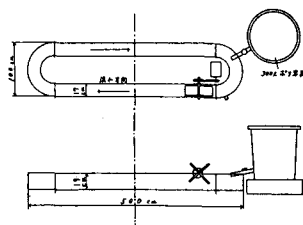


図-2 人工水路

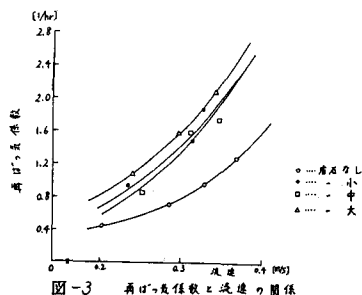


図-3 再ばっ気係数と流速の関係

は無視しうる程度である。

以上のような考え方に立ってモデルを構成し、シミュレーションを行った結果を図-4、5中に示すが、図に見られるように亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の変化を説明することができなかった。物質収支から見てアンモニア態窒素が液相から除かれるという機構を導入すべきであり、これを一次反応型のストリップングと仮定すると、アンモニア態窒素の分解減少が一次反応の場合のモデルは次のようになる（零次反応モデルは省略）。

$$\begin{aligned} dN_1/dt &= -(K_1 + K_s) N_1 & N_1 : \text{アンモニア態窒素} \\ dN_2/dt &= K_1 N_1 - K_2 N_2 & N_2 : \text{亜硝酸態窒素} \\ dN_3/dt &= K_2 N_2 & N_3 : \text{硝酸態窒素} \end{aligned}$$

これらの解によりシミュレーションを行った結果を図-4、5中に示すが、実測値を比較的良く表わしているといえる。しかし実河川においてアンモニアストリップングが生じているかどうかについては、さらに検討を要する。

対象とした河川水の様子アンモニウム濃度の高い河川水の場合、BOD試験における硝化の影響が考えられるので、ふ卵ビン試験によるDO収支について検討する。図-6は試料河川水の酸素要求量の長期変化を示したもので、曲線から一次反応による最終BODを約38mg/lと推定し、また初期のアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素の濃度の合計から理論的なN-BODは、約84.5mg/lとなり、この和は図上の点線となるが測定値はこれを上回っている。この部分は第一段階での生物分解されなかった有機物の第二段階での分解に対応するものと考えられる。

図-7は第一段階の酸素消費変化において、一系についてメチレンブルーを1ppmの濃度となるように加えて硝化菌の作用を抑制して、これをC-BODとして測定し、他の一系については通常のBOD試験より全BODを測定し、その差をN-BODとしたものである。明らかなようにアンモニア濃度の高い河川水では硝化菌の作用により、当初からN-BODとしてのDOが消費されていることがわかる。ちなみにC-BOD₅とN-BOD₅との比は7:5である。従って採水河川のように下水処理水等アンモニア態窒素を多量に含む場合には、BODの評価において第2段階におけるN-BODとは異ったN-BODの存在に留意する必要がある。

4. 結 語

今後の課題としてはストリップングの有無の確認のほか、実河川水を用いた水質変化実験について、微生物活動の大きい高水温時に河床構造や底生生物の影響下において実験を行うとともに、浮遊物の挙動、分解による水質への影響、微生物・底生生物増殖と水質（特に窒素、リン）との関連などについてモデル化、定量化を進めようと考えている。

表-1 底石データ

	短径 ~ 長径 (cm)	平均高さ (cm)
小	1.00 ~ 3.00	1.51
中	3.75 ~ 5.35	2.60
大	5.17 ~ 7.06	3.74

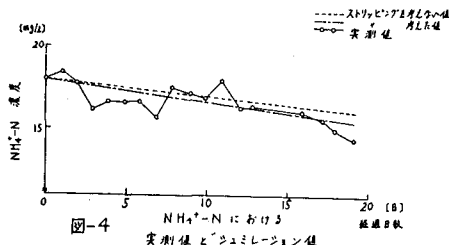


図-4 NH₄⁺-N における実測値とシミュレーション値

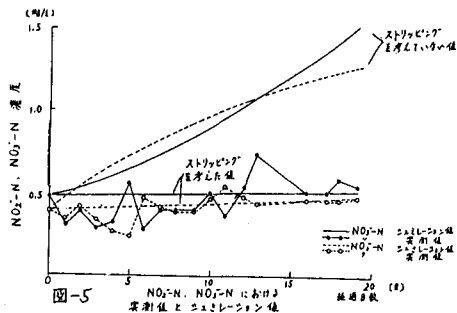


図-5 NO₂--N、NO₃--N における実測値とシミュレーション値

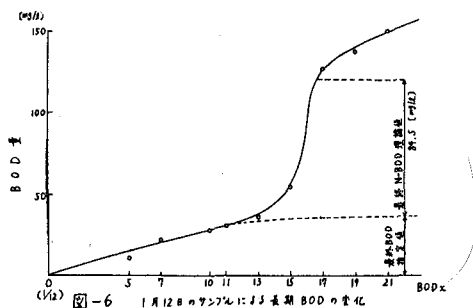


図-6 1月12日のサンプリングによる長期BODの変化

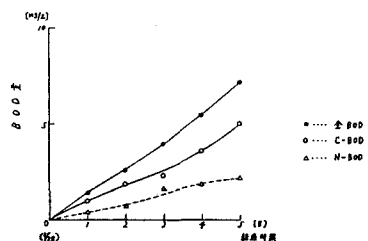


図-7 1月22日のサンプリングにおける初期の全BOD