

自浄係数を考慮した新町川水系のBOD拡散計算

高知県庁 正会員○山下 智
徳島大学工学部 正会員 中野 晋
徳島大学大学院 学生員 小津慶久
徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに 著者らは徳島市内を網目状に流れる新町川水系の水質改善の一助となることを意図して、これまでこの水系の流れ特性やポンプ導水の流れに及ぼす影響¹⁾、物質の移流による輸送²⁾について検討を進めてきた。その中で4次精度のHolly-Preissmann schemeを用いて拡散方程式を差分化してBOD濃度の現況再現計算を行ったが、観測値と比較してかなり大きな値となった。これは河川の自浄能力を考慮しなかったことに一因があると考え、自浄係数を考慮して再計算を行い、再現性について検討した。

2. 数値計算の概要 計算は次の基礎方程式（連続式、運動方程式、物質収支式）に基づいて行われた。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \cdots \cdots (1) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAI_r = 0 \cdots \cdots (2)$$

$$\frac{\partial (AC)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (AVC) = \frac{\partial}{\partial x} \left(AD_L \frac{\partial C}{\partial x} \right) - k_r C + q' \cdots \cdots (3)$$

ここで、Hは水位、Qは流量、Aは流水断面積、 $I_r (=n^2 V |V| / R^{4/3}$, n:Manningの粗度係数, R:径深)は摩擦勾配、Cは物質濃度、Uは断面平均流速、Qは流量、qは横流出入量、q'は物質の付加流出入量、 D_L は移流分散係数、 k_r はBODの自浄係数である。流れの計算には須賀ら³⁾の提案した1次元の陰形式差分法を用いた。また物質収支の拡散計算には移流による輸送と分散による輸送とを別々に求めるsplit-operator approachに基づき、移流項の計算はHolly-Preissmann scheme⁴⁾で、分散項はCrank-Nicholson schemeでそれぞれ差分化して計算した。

3. 数値計算結果と考察

3.1 モデルの基本条件 図-1に計算対象水系の概要図を示す。図に示すようにに不等間隔(100~650m)の54断面で分割した。計算は図中に示した断面で流量と水位を、2断面の中央で物質濃度の計算を行った。計算の初期条件は各断面の流量を0m³/s、水位を新町川河口潮位と等しいとした。また境界条件としては、新町川河口、新町樋門、沖洲樋門の水位は周期720分、潮差2mの余弦波として与えた。田宮川、大岡川の上流端での流入流量は0m³/sとした。各河道への横流入流量q(m³/s・m)およびBODの横流入フラックスq'(g/m・s)は徳島県⁵⁾の昭和60年度の調査による年平均值をもとに図-1に示すように各河道に配分した。BOD濃度の境界値は新町川河口、沖洲樋門、新町樋門、田宮川上流端、大岡川上流端でそれぞれ0.5, 0.9, 0.9, 18.0, 11.0ppmとして与えた。また移流分散係数 D_L は20m²/s、摩擦勾配に用いるManningの粗度係数nは水系全体にわたり0.035、計算のタイムステップは120秒とした。

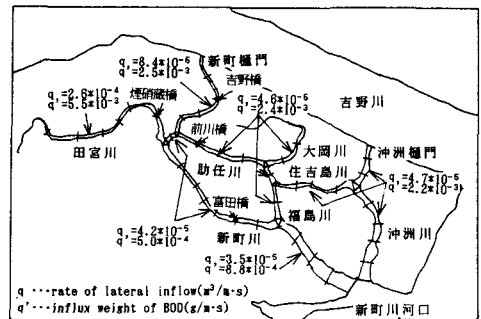


図-1 計算対象地域

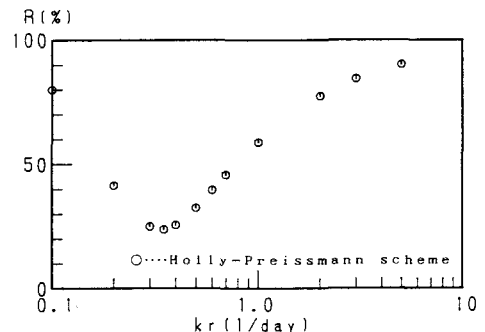


図-2 k_r と相対誤差の自乗平均の関係

3.2 計算結果と考察

BOD濃度は流れの中で有機物質の分解や沈降、あるいは生成のため増減する。そこで河川内での自然の増減量を考慮するため式(3)のように自浄係数 k_r (1/day)を導入した。 k_r の値を0.1~10(1/day)の間で変化させて計算し、水系内の8地点

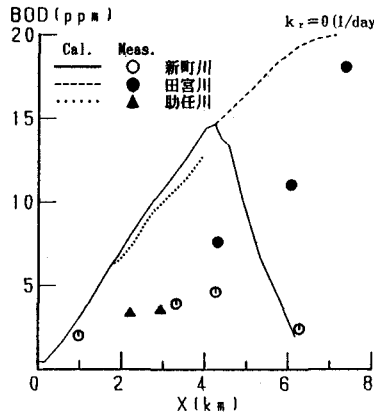


図-3 河口からの距離とBOD濃度

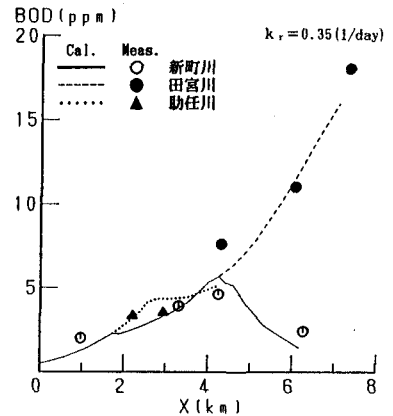


図-4 河口からの距離とBOD濃度

についての観測値と計算値の相対誤差の自乗平均誤差Rから自浄係数の評価を行った。図-2に示す計算結果によれば $k_r=0.35$ (1/day)で誤差が最小となり約20%程度の誤差で観測値を再現できることがわかる。 $k_r=0, 0.35$ (1/day)とした場合の計算結果を図-3, 4に示す。図中の記号は徳島県⁵⁾の昭和60年度の調査結果を示したもので、 $k_r=0$ (1/day)のときはいずれの計算結果とも調査結果よりもかなり大きな値となっている。相対誤差が最小となる k_r の値を入れた計算結果によると、BODの再現性はかなり良くなっている。 $k_r=0.35$ (1/day)としたときの富田橋(新町川中流)、前川橋(助任川)、吉野川(新町川上流)、煙硝蔵橋(田宮川)でのBOD濃度の時間変化を図-5に示す。煙硝蔵橋では他の橋に比べ、濃度変化は大きくなっている。煙硝蔵橋は田宮川の下流に位置し、下げ潮時にBODが高濃度の水が入り、上げ潮時には比較的濃度の低い水が新町川上流、あるいは下流から流入してくるためと思われる。またBOD濃度の平均値の空間分布を図-6に示す。これを見ると、特に田宮川、大岡川の上流で高濃度となり、河口に向かうにつれて濃度が低下している状況がわかる。

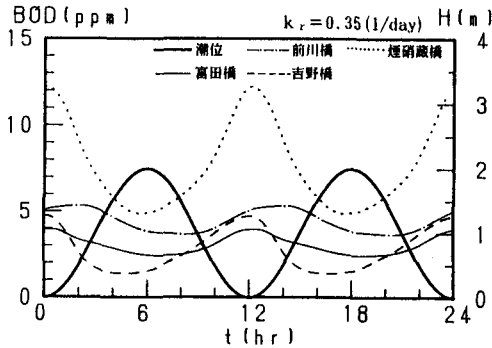


図-5 BOD濃度と水位の時間変化

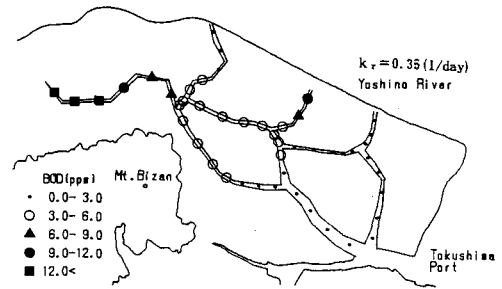


図-6 BOD濃度の空間分布

謝辞：本研究を実施するにあたり、徳島大学工業短期大学部教授村上仁士博士、同助教教授井由彦博士には研究の全般にわたり貴重な御助言、御協力を頂いた。また徳島県土木部、同徳島土木事務所、同小松島港開発事務所からは貴重なデータを御提供頂いた。ここに記して深謝の意を表します。

参考文献：1)中野・山下・三井(1990):水工学論文集, 34, 67-72. 2)中野・山下・小津・三井(1991):水工学論文集, 35, 225-230. 3)須賀・葛西(1982):土木技術資料, 24-2, 193-198. 4)Holly F.M. and A.Preissmann(1977): A. S. C. E. 103, 1259-1277 5)徳島県公害対策審議会資料(1987):新町川の将来水質予測について