

河川における藻類を考慮した水質シミュレーション

信州大学大学院工学系研究科○松崎敬介
信州大学工学部 正会員 豊田政史
信州大学工学部 五味 啓
信州大学工学部 正会員 富所五郎

1. はじめに

近年関心の集まる河川環境の向上を考える上で、水質の改善は大変重要な課題である。そのためには汚濁機構を正確に把握し、その機構に基づいた水質予測が必要となる。しかし、河川の水質はさまざまな要因の影響を受けており、また、河川によってその要因が異なるため水質予測モデルを確立することは困難である。

長野県を流れる千曲川上・中流部は窒素・リン等の栄養塩濃度が高く、また小雨地帯に位置することから河川流量が比較的少ない。このため付着性藻類の増加による水質汚濁が進んでいる¹⁾。

そこで本研究では、平水時での付着性藻類の影響を考慮した水質予測モデルの確立を最終目的とし、川島ら²⁾が構築した付着性藻類の増殖・呼吸・剥離を考慮した生態学モデルを用いて検討を行った。

2. 物質循環モデルの概要

本研究では川島らのモデルを用いた。このモデルは付着性藻類、付着性他栄養生物、堆積層、懸濁態物質、溶存有機体炭素、全無機態窒素、リン酸態リン、溶存酸素濃度の挙動を考慮したものである。それらの関係を図1に示す。

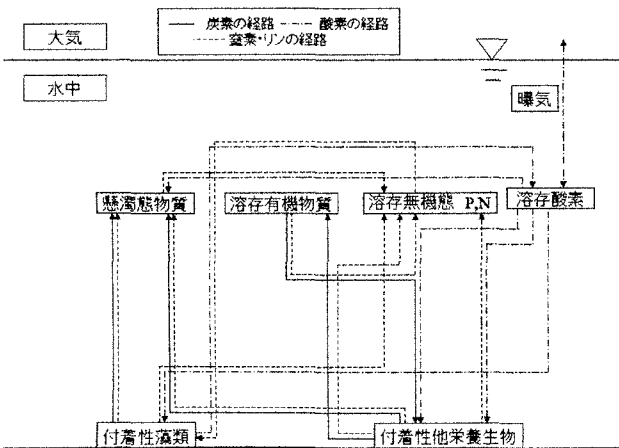


図1 物質循環モデルの概要

3. 計算方法および条件

計算対象領域は、特に藻類の影響が大きいとされる千曲川上流部の生田～杭瀬下間 25km を想定した。また、空間刻み幅を 100m、時間刻み幅を 10s とし 20 日間計算を行った。移流項には風上差分を用い、時間変数に対しては、Runge-Kutta 法を用いた。

上流側の境界条件は生田地点において測定された 1995 年夏季(7,8,9 月)の平均値(SS=5.11g/m³, N=1.42g/m³, P=0.08g/m³, DO=8.8g/m³)を与えた。ただし溶存有機態炭素濃度は測定値を得られなかったため仮定値(DOC=14.0g/m³)を与えた²⁾。初期条件は生田と杭瀬下の測定値の平均(SS=5.9g/m³, N=1.6g/m³, P=0.09g/m³, DO=8.7g/m³)を与えた。ただし溶存有機態炭素濃度、付着性藻類、付着性他栄養生物は測定値を得られなかったため仮定値(DOC=7.0g/m³, A=1.0g/m², H=14.0g/m²)を与えた²⁾。流速及び水深は、生田、杭瀬下における平水時の流量と流水断面積から求めたものの平均値を全計算領域に一定値として与えた。

水温に関しては一定値(T=293,300K)および実測値もとに水温変動を近似した次式の 3 ケースとした。

$$T = 293.0 + 2.0 \sin\left(\frac{t - 8.0}{12.0} \pi\right) \quad (1)$$

付着性生物の剥離定数に関しては(a)3.4 × 10⁻⁷(s⁻¹)および(b)6.7 × 10⁻⁶(s⁻¹)の 2 ケース^{1),3)}とした。計算条件を表 1 に示す。その他の計算に必要な係数は文献 2),4),5)を参照した。

表 1 計算パターン

	剥離定数	水温(K)
Case1	(a)	293
Case2	(b)	293
Case3	(b)	式(1)
Case4	(b)	300

4. 計算結果

定常状態となる計算開始から 20 日目の上流部から 15km 地点における計算結果をもとに考察する。

図 2 は付着性藻類の日周変動である。case1 と case2 を比較すると、剥離定数が大きいほど付着性藻類量は小さくなっている。この傾向は付着性他栄養生物においても同様であった。また、水温に差を与えた case2~case4 を比較すると、日周変動を与えた case3 よりも絶対値をかえた case4 の方が、一定値を与えた case2 との差が大きい。この結果より、水温の絶対値が付着性藻類量におよぼす影響が大きいと考えられる。

図 3 はリン酸態リン濃度の日周変動である。case1 と case2 を比較すると剥離定数が大きいほどリン濃度は小さくなっている。これは、剥離定数の違いにより付着性生物量が変化し、それにもとまって付着性藻類の光合成のためにリンがそれらに取り込まれる量、生物の維持代謝により溶出される量が変化するためと考えられる。また、case2 と case4 を比較すると水温の絶対値により濃度に差が生じている。本モデルにおいては水温が上昇することで付着性生物の光合成、維持代謝が活性化する。そのため、case4 では夜間において高い濃度を示している。日中においては、大きな維持代謝の影響があるにもかかわらず急激な減少を示していることから、光合成の影響が維持代謝の影響に比べて大きくなっていることがわかる。

図 4 は溶存酸素濃度の日周変動である。溶存酸素は、付着性藻類の光合成により放出され、生物の維持代謝により取り込まれる。一方、リンは光合成により取り込まれ、維持代謝により放出される。このため、溶存酸素の変化の挙動はそれぞれのケース間でリンと逆の傾向を示している。

5. おわりに

本研究では、川島らのモデルを用いて水質シミュレーションを行い、付着性生物の剥離定数および水温の変化が水質に及ぼす影響について検討を行った。その結果、剥離定数の変化は付着性生物量に大きな影響を与え、それにもとまない他の物質に間接的に影響を与えることがわかった。また、水温に関しては、日周変動よりも絶対値の方が水質に与える影響が大きいことがわかった。

参考文献

- 1) 建設省北陸地方建設局：千曲川水質汚濁メカニズム検討業務報告書，1995.
- 2) 川島博之，鈴木基之：浅い富栄養化河川水質シミュレーションモデル，化学工学論文集，第 10 巻，第 4 号，pp.475-482，1984.
- 3) 大橋晶良，原田秀樹，桃井清至：生物膜の成長過程と剥離に関する実験的研究，衛生工学論文集，第 25 巻，pp.209-220，1989.
- 4) 化学工学協会：化学工学便覧改訂 3 版，pp.62，1968.
- 5) 西條八束，三田村緒佐武：新編「湖沼調査法」，pp.155，1995.

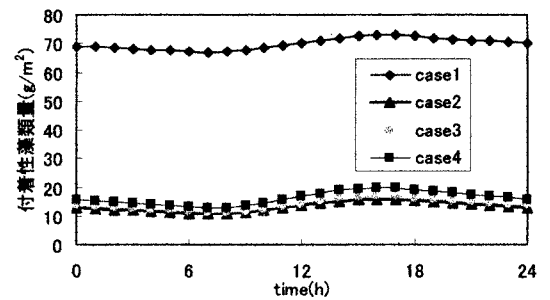


図 2 付着性藻類量の日周変動

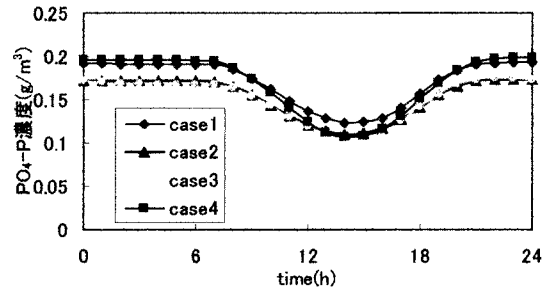


図 3 リン酸態リン濃度の日周変動

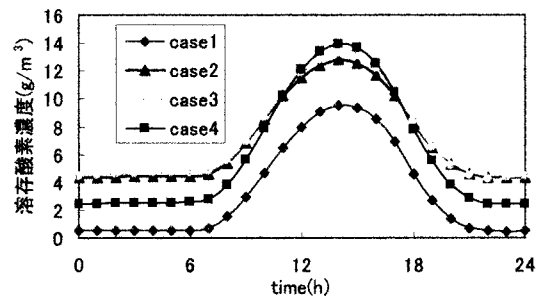


図 4 溶存酸素濃度の日周変動