

環境流量設定グローバルモデル構築のための無機物収支式の検討

筑波大学 学生会員 ○岸田 まりな

筑波大学 学生会員 篠崎 由依

筑波大学 正会員 白川 直樹

1. 目的

近年、河川からの過剰な取水による河道内の水不足が問題となっている。流量が減少すると河川環境が変化し、生態系や水資源に影響を及ぼす。このような背景のもと、河川生態系の健全な機能を維持するために一定の流量を流すことが必要である。この流量のことを環境流量という。現在構築されている環境流量設定法の一つに生息場モデル法があるが、現地観測が必要なデータを入力条件としているため途上国などでの適用が難しいという欠点がある。一方で水文統計モデルは現地観測が不要だが、河川生態系を十分に考慮できていないという欠点がある。この両者を組み合わせることで途上国などで使える環境流量モデルとなる。河川生態系と流量を繋ぐ役割を持つのが物質循環である。そこで本研究では無機物質に着目し、環境流量設定グローバルモデルの構築を目指す。入手可能なデータを用いて広域で評価を行うためには、グローバルモデルはローカルモデルよりも簡略である必要がある。そのため、流域スケールでの適用を念頭においた既存のモデルに関して、グローバル化するための計算式改善を無機物質収支に特化して行う。

2. 統合解析モデル

河川の縦断方向の物質収支を計算によって再現することを目的とした溝口¹⁾の統合解析モデルを参考にする。このモデルは物理場解析モデル、生物モデル、物質循環モデルの3つから構成されている。無機収支を計算する物理場解析モデルによって算出される生物の生息場条件、および物質循環モデルによって算出される生物の餌資源量が生物モデルに影響を及ぼす。

3. 手法

(1) 計算手法

統合解析モデルの骨組みは変更せず、各モデルの算出式を簡略化することでグローバルモデルの構築を行う。

物質循環モデルについては係数についての影響分析を行い、省略できる項を検討することで式を簡略化する。

まず定常計算を行い、測定値との比較する。次にNH₄算出式の各係数について影響分析を行う。具体的には変数、定数の係数を定数、0と近似することを目指す。

(2) 計算条件

統合解析モデルのうち、有機物、無機物、溶存酸素を扱った物質循環モデルのみに着目して計算を行った。対象河川は利根川水系小貝川で、対象区間は入力点である養蚕橋(距離標 58.68km)から出力点である中郷(距離標 5.16km)とした。河川縦断方向の空間解像度は200m、時間ステップは1秒で計算を行った。

流量は小貝川の観測点6点における2002年1月8日の観測値を用いて線形補間し、各地点の流量、水深、流速を求めた。河床勾配およびManningの粗度係数は山本²⁾のデータを用い、セグメントごとに定めた。生物量は文献より得た現存量および濃度を定数として与えた。その他計算に必要な定数と初期条件は溝口¹⁾の計算条件と同等においた。

定常計算において、境界条件は国土交通省の水文水質データベース³⁾より養蚕橋の観測結果を与えた。

影響分析では、NH₄算出式における各係数(全21種)を3パターン(増加、減少、0)に変化させ、定常に達するまで計算を行った。定義域を超えない範囲では、係数の増加および減少パターンは10倍および0.1倍した値を用いた。定義域が0以上1以下の係数については、それぞれ1と 1×10^{-4} を与えた。この計算結果と定常計算の結果を比較し、NH₄、NO₂、NO₃の河川縦断方向分布より各係数の影響を求めた。この結果に基づき本モデルを簡略化する際の方針を検討した。

4. 結果

(1) 定常計算

定常計算の計算結果、および観測点による測定値を

キーワード 環境流量, 河川環境, 無機物, 物質収支

連絡先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学システム情報工学研究科 TEL : 03-3358-6620

E-mail : s1720926@s.tsukuba.ac.jp

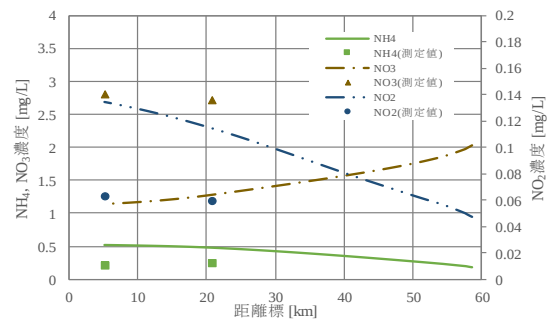


図1 定常計算結果

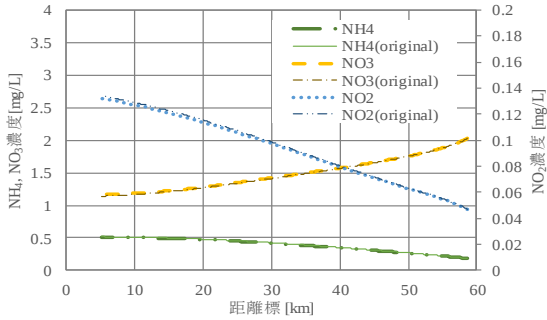


図2 係数を簡略化した縦断方向分布

図1に示す。観測点は中郷（距離標 5.16km）、川又橋（距離標 20.86km）の値を示した。NH₄とNO₂は測定値よりも高く、NO₃は測定値よりも低くなった。NO₂の算出式に生物を含む項がないことを考えると、NH₄濃度が高いため促進されたNH₄の硝化によるNO₂増加が大きく影響したと考えられる。一方でNO₃濃度の増加はNO₂からの硝化、減少は生物に関する現象から成る。NO₂濃度は実際よりも高くなった。従ってNO₂の硝化が律速になっていた可能性は低いと考えられる。つまり、生物によるNO₃濃度減少が実際よりも多いことが予測される。実現象では生物量が縦断方向や化学物質濃度によって変化するが、計算では一定値としていることが原因の一つとして挙げられる。今後は生物量を変数として計算を行い、係数の妥当性を検討する。

(2) 影響分析

係数を3パターン（増加，減少，0）変化させたそれぞれの計算結果と(1)での計算結果の差の最大値を比較した。値が大きいほどその係数の変化が結果に大きく影響していることを示す。結果より、影響の大小を定める閾値はNH₄とNO₃は0.04mg/L、NO₂は0.01mg/Lとした。(1)の計算結果との差の最大値を見た場合に、NH₄、NO₂、NO₃の全てかつ3パターン全てで閾値以下であった係数を0と近似できる係数、増加および減少パターンのみが閾値以下の係数を0でない定数に近似できる係数とした。

0と近似可能だと判断された係数とそれによって考

表1 0を代入可能な候補の係数

0を代入可能な候補の係数	考慮しなくなる現象
粗粒有機物の溶脱・微生物分解における栄養塩生成割合	粒状有機物の微生物分解による負荷
溶脱と微生物による粗粒状有機物の分解速度	粒状有機物の微生物分解による負荷
植物プランクトンの呼吸速度	植物プランクトンの呼吸に伴う負荷
植物プランクトンの無機窒素分割係数	植物プランクトンの増殖による取り込み
動物プランクトンの摂食速度	植物プランクトンの増殖による取り込み
動物プランクトンの全呼吸速度	動物プランクトンの呼吸に伴う負荷
底生無脊椎動物の同化効率	底生無脊椎動物の成長に伴う負荷
底生無脊椎動物の総成長率	底生無脊椎動物の成長に伴う負荷
窒素炭素比	溶存有機物の無機化に伴う負荷
溶存有機物の無機化速度	溶存有機物の無機化に伴う負荷

慮しなくなる現象を表1に示す。定数化できる条件に該当する係数は存在しなかった。ここで表1の係数を全て0と置いた場合の計算結果と(1)の計算結果(original)を図2に示す。NH₄、NO₂、NO₃全ての物質において(1)の計算結果と表1の係数を0と置いた計算結果がほぼ一致していることが分かる。物質濃度の境界条件を増加および減少させた場合にも2つの計算結果はほぼ一致していた。ゆえに表1の係数は0と置くことができ、現象を簡略化できる可能性が示唆された。

この計算条件では生物を変数としていないため、表1における植物プランクトン、動物プランクトン、底生無脊椎動物に関する係数は生物モデルと組み合わせて変数としたときに0と置けなくなる可能性があり、今後検討が必要である。

6. まとめ・今後の課題

係数の簡略化について、NH₄算出式中の係数10個が0と近似できる可能性が示された。今後は以下の2点について検討を行う。①対象河川や入力条件などを変化させた場合にも同様の結果が得られるか。②表1の係数を0と置いた場合、有機物など他の物質の出力値が影響を受けないか。

また、生物モデルと組み合わせた場合に測定値の再現性を確認し、相違が生じる場合には係数や入力条件などを検討する。さらに、排水処理場などの濃度が異なる水の流入も考慮して計算を行う。

参考文献

1) 溝口裕太, 河川水系を一貫した物理場・物質循環・生態系統合解析モデル, 名古屋大学工学研究科 博士論文, 2017 年
2) 山本晃一, 沖積河川-構造と動態-, 技報堂, 2010 年
3) 国土交通省, 水文水質データベース : <http://www1.river.go.jp/> (2018 年 1 月 15 日閲覧)