

河川におけるDOシミュレーション

研究第三部 主任研究員 中川 芳一
日本建設コンサルタント(株) 小池 達男*
(株)建設技術研究所 大久保秀一

1 はじめに

正常流量は河川における流水の正常な機能を維持するために必要な流量であり、適正な河川管理のため設定される。正常流量の設定において考慮すべき事項の1つに流水の清潔の保持があり、河川水質を良好な水準に保つことが要求される。この河川水質を代表する水質項目として、従来からBOD(生物化学的酸素消費量)が用いられることが多かった。しかし、BODは有機汚濁の状態を表す指標であり、水質面からの障害を直接もたらすものではない。このため、河川の生態系等への影響を表すことのできる水質指標が求められる。

DOは水中の溶存酸素量を表す指標であり、河川における生物の生息への影響を直接表す指標となる。溶存酸素の不足による魚貝類の酸欠死は水質事故として扱われ、特に貝類や卵、稚魚等の遊泳力の小さい水生生物にとって酸素不足は致命的である。また、自浄作用の確保等の水質環境の維持や利水にとっても溶存酸素は重要な項目となる。

このため、本稿では、水質からみた必要流量の設定の情報とするため、濁水時のDOのシミュレーションを行い、流量とDOとの関係等について検討した。

2 水質シミュレーションモデル

シミュレーションモデルとしては米国のEPAを中心として開発されたQUAL2Eを用い、中国地方の一級河川である芦田川を対象としてシミュレーションを行った。

シミュレーションモデルとしてQUAL2Eを採用したのは以下の理由による。

- ・汎用性を持ったモデルの開発を目的として作成されたものである。
- ・ソースプログラムやドキュメントがインターネット上で公開されている。
- ・欧米を中心に適用事例が多くある。
- ・一般に公開されていることから機能の追加などのバージョンアップがさまざまな研究者によって行われている。

QUAL2Eはアメリカ合衆国のEPAが中心となって開発した非線型の水質モデルであり、15の水質成分の中からユーザーが選んだ水質項目を計算することができる。

15の水質成分とは、DO、BOD、水温、クロロフィルa、有機態窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、無機態リン、溶解性リン、大腸菌群数、任意の非保存性物質、および3つの保存性物質である。モデルは支川も含めた河川網に対しての適用が可能である。物質の輸送に関しては縦断方向の移流と分散が考慮されている。

QUAL2Eは定常モデルとしても非定常モデルとしても使用できる。ただし、河川の流量や流入負荷量は定常条件での計算に限られ、非定常での計算はできない。非定常モデルでは、気象データを非定常で与え、気象条件に対応した水質の日間変動等を計算するものである。

シミュレーションは芦田川の八田原ダムから河口堰までの44kmの区間を対象とし、計算距離ピッチは1kmとし、対象区間のモデル化を行った。

3 モデル定数の同定

モデル定数の同定は定常状態で行った。

本稿の目的は河川流量が低下した状況下におけるDOをシミュレートし、流量とDOとの関係を定量把握することである。このため、厳しい濁水であった平成6年7月を計算対象期間とし、河川縦断方向に同一日定期水質調査の実施されている7月13日を対象日として、当日の水文、気象条件のもとで、計算水質が実測水質に適合するように試行計算によりモデル定数の同定を行った。定数同定後のシミュレーション結果を図-1に示す。定常状態では、おおむね実測結果を再現できた。

また、定常状態で同定したモデル定数をもとに非定常状態での再現計算を試みた。

水温の再現結果を見ると、日間の水温差はほぼ再現できているが、計算値は実測値より1~2程度高くなっている。DOについては、実測値が日中が9mg/l以上、夜間が4mg/l未満と昼夜で5mg/l以上の濃度差を呈しているのに対し、計算値は昼夜の濃度差が2mg/l程度にとどまっている。これは、本モデルが順流部を対象とした河川水質シミュレーションモデルであるのに対し、芦田川は河口部に堰を有し、そこで河川水が湛水し、植物プランクトンの活動に適した環境となっており、河川内での昼夜のDO生産消費活動(主に光合成と呼吸)が計算よりも活発であったためと考えられる。

このように非定常状態での水温、DO濃度の値の再現

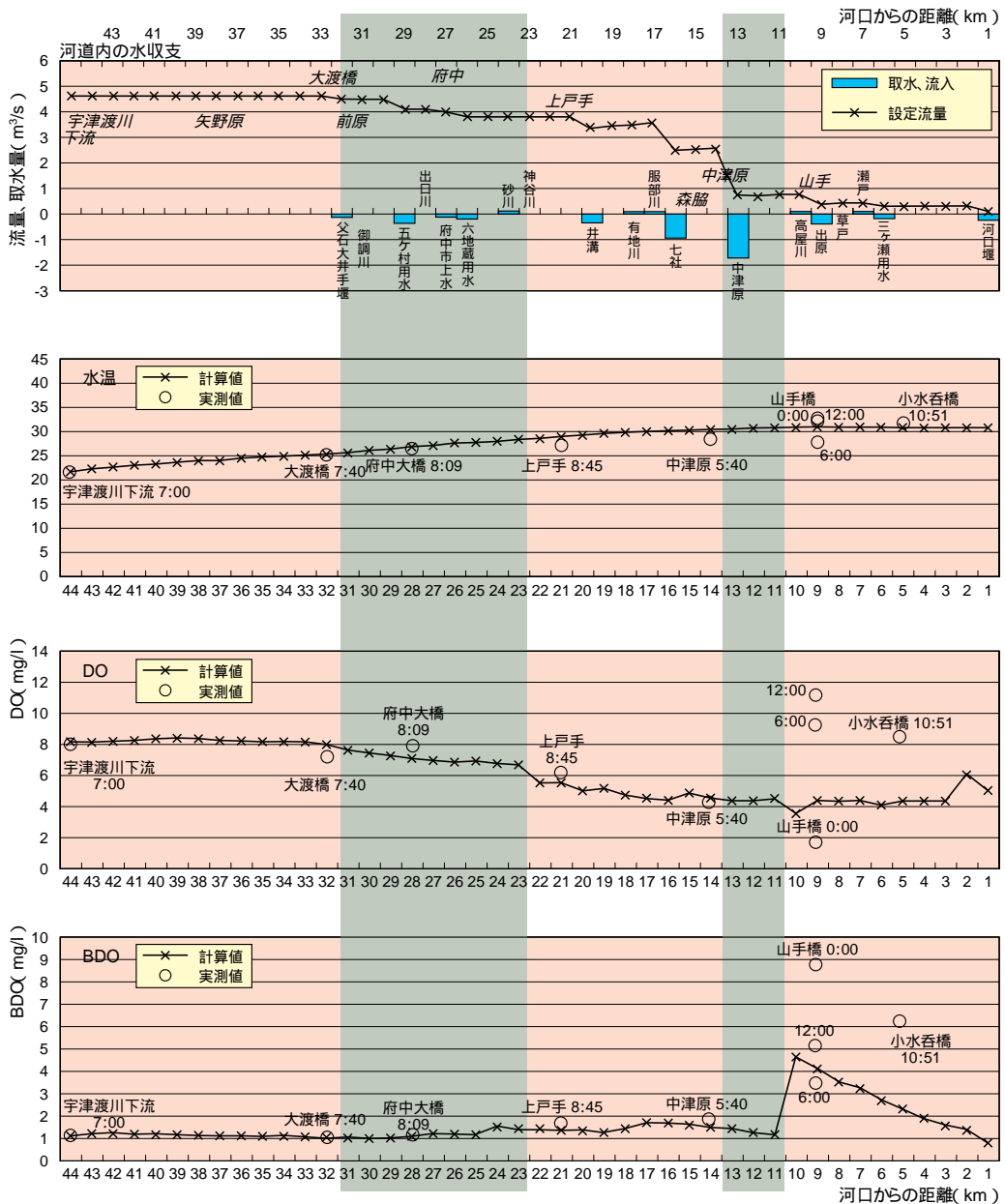


図 - 1 再現計算結果 (定常状態)

性には問題があるが、当モデルにより水温、DOの日周変化の傾向を把握することは可能である。

の上流の流量、水質条件のもとでの湧水時水質シミュレーション(定常状態)を行い、流量とDOの関係、流下に伴うDOの変化、水温変化のDOへの影響について検討した。

4 水質シミュレーション

3. で同定したシミュレーションモデルにより、種々

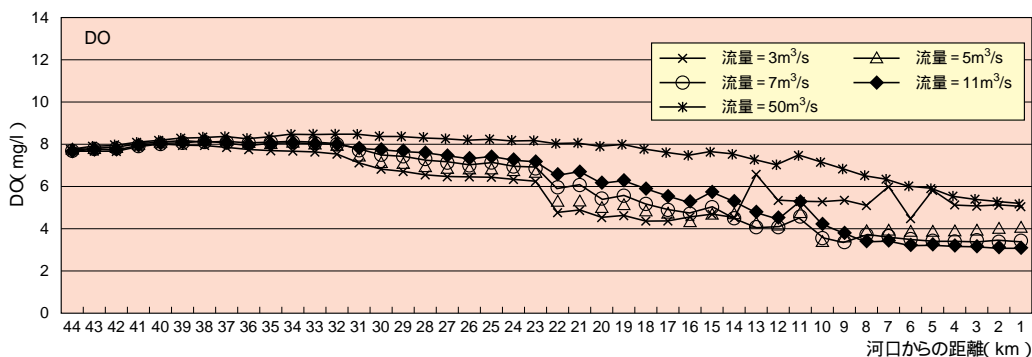


図 - 2 上流端流量を変化させた時の予測結果

4 - 1 上流流量条件による水質変化

上流端流量(八田原ダム放流量)を変化させた時の予測計算結果を図 - 2 に示す。

17kmよりも上流部では流量が少ないほどDOが低くなり、DOと流量との間には相関がみられる。しかし、17kmよりも下流では流量が3 m³/sのとき一時的にDOが高くなる区間が存在する。これは、流量が少ないほど流下過程における再曝気等の影響を大きく受けるためと考えられる。また、河口堰近くでは、流量が3 m³/s ~ 11m³/sの範囲で、流量が小さいほどDOが高くなっており、これは水中での植物プランクトンの生産活動が影響しているためと考えられる。

主要地点における流量とDOとの関係を図 - 3 に示す。上戸手地点(21km)と中津原地点(14km)では流量の増加に伴いDOも増加する傾向が見られるが、山手橋

地点(9 km)では流量が5 m³/s以下でDOが逆に高くなっており、他の2地点と傾向を異にしている。これは、前述した河口堰での湛水の影響によると考えられる。

4 - 2 上流水質条件による水質変化

上流端DO(八田原ダム放流DO)を変化させた時の予測計算結果を図 - 4 に示す。

上流端DOの影響を受ける区間は流下距離約8 kmまでであり、それより下流には影響が及ばない。上流端DOが10mg/lのときは過飽和の状況にあり、流下過程でDOは消費される。一方、5 mg/l、3 mg/lの時は再曝気でDOが供給される状況がシミュレートされている。

また、上流端水温(八田原ダム放流水温)を変化させた時のDOの予測計算結果を図 - 5 に示す。

上流端水温によるDOへの影響は、水温変化の影響が及んでいる14km(流下距離30km)付近までの区間でみられ、水温が高いほどDOは低くなっている。これは水温が高いほど飽和溶存酸素濃度低くなり、かつ水中でのDO消費が盛んになることによるためと考えられる。

なお、上流端BOD水質、および支川からのBOD流入負荷量を変化させた場合の予測計算も行ったが、DOへの影響はほとんど見られなかった。

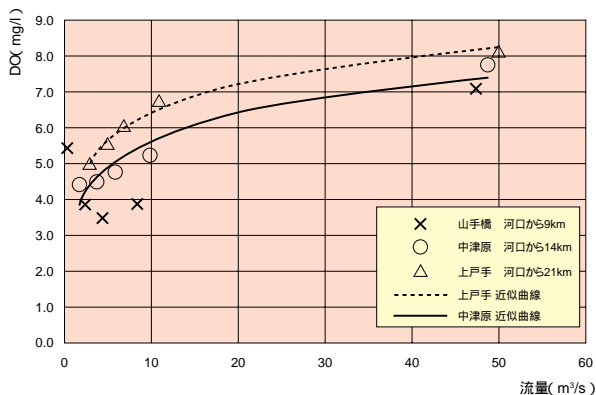


図 - 3 流量とDOの関係

5 おわりに

水質からみた必要流量の設定の情報とするため、水生生物の生息等への影響を直接表す水質指標であるDOのシミュレーションを行った。水質モデルとしてQUAL2Eを用い、芦田川を対象として濁水時の水質シミュレーシ

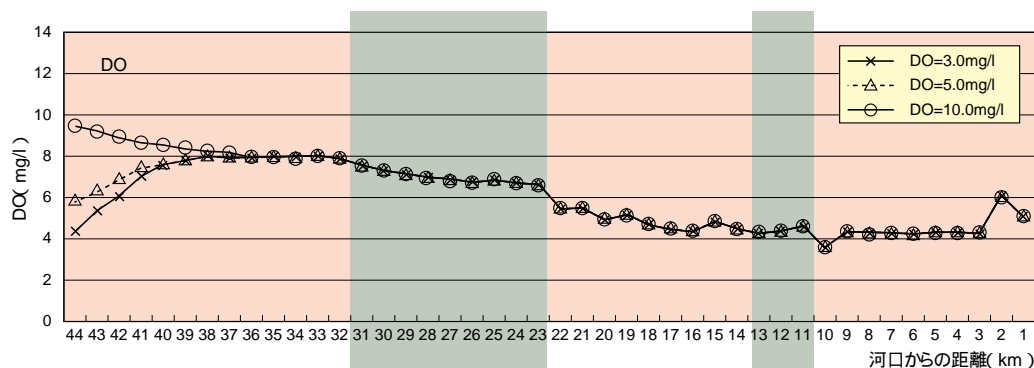


図 - 4 上流端DOを変化させた時の予測結果

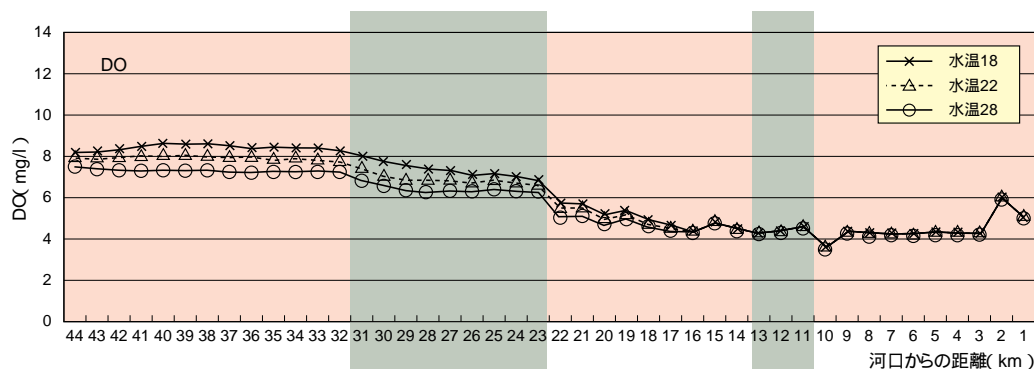


図 - 5 上流端水温を変化させた時のDO予測結果

ンモデルを同定した。同定された水質シミュレーションモデルにより、種々の流量、水質条件のもとでの湧水時水質シミュレーションを行い、流量とDOの関係、流下に伴うDOの変化、水温変化のDOへの影響について検討した。

主要な成果をまとめると以下となる。

1)作成した湧水時の水質シミュレーションモデルにより、定常状態では実測結果を再現でき、非定常状態でも、DO濃度の再現性には問題があるが、日周変化の傾向は再現できる。

2)この水質シミュレーションモデルを用いて種々の流量条件や気象条件のもとでのDOを予測することができ、河川の生態系等への影響を考慮した水質からの必要流量設定のための情報を得ることができる。

一方、モデルの限界として、本モデルでは湛水域での夏季DOの上昇が十分に再現できない点が挙げられる。これは本モデルが順流部を対象としたものであり、湛水

域では滞留時間が長いことから水中での生産・消費活動がより活発となることによる。このため、本モデルと湛水域を対象とした水質モデルとを組み合わせることが考えられ、これは今後の課題とする。

最後に、本研究に際し有益な御助言を頂いた土木研究所下水道部田中水質研究室長、建設省河川局河川環境課ならびに中国地方建設局福山工事事務所調査設計第一課の各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1)財団法人リバーフロント整備センター：芦田川河川水環境検討業務報告書、1999年3月
- 2)中川芳一、大久保秀一、小池達男：河川におけるDOシミュレーション、リバーフロント研究所報告、第10号、PP64 - 74、財団法人リバーフロント整備センター、1999年10月