汚濁負荷量と流量の空間分布を考慮した河川水質モデルの構築

香川大学大学院工学研究科　学生会員　○宇野裕太
香川大学工学部　正 会 員　石塚正秀
西日本旅客鉄道（株）　非 会 員　溝口大介

１．はじめに

香川県中部を流れる綾川の下流に位置する府中ダム（1967 年完成）は，かねてより水質汚濁が問題となっており，年々悪化していることから，早急な対策が求められている．

府中ダムの水質を抜本的に改善するためには，ダムに流入する汚濁負荷の特性を明らかにして，流域全体として適切な対策を講じる必要がある．汚濁負荷発生量の空間分布を考慮したこれまでの研究 [1] により，綾川の上流から中流における定常的な水質分布を再現することができた．しかし，実際の河川流量・汚濁負荷量は時々刻々と変化しており，水質の時間変動を考慮することが必要である．

本研究では，掃流モデルにより算出した汚濁負荷量および分布型水文流出モデル [2] により算出した河川流量を入力条件とした河川水質モデルを構築し，河川水質の時間変化の推定を試みる．

２．綾川流域の概要

香川県の中西部に位置する綾川流域は流域面積が 137.5 km^2 であり，香川県を代表する二級河川である．本川の綾川（流路延長：38.2 km）は香川県最高峰の竜王山に源を発し，下流の府中ダム（有効貯水量：800 万 m^3）を経て瀬戸内海に注ぐ．

３．分布型流域水質モデル

本研究で構築した分布型流域水質モデルの構成を**図１**に示す．まず，流域情報解析として，綾川流域を 2 km×2 km の斜面グリッドおよび河道グリッドによりメッシュ化する．なお，本研究では，流域全体ではなく上流から府中ダムに流入する直前までの 20 km 区間を対象域とした．

これ以降，負荷量解析，汚濁負荷流出解析，流出解析，河川水質解析を行う．

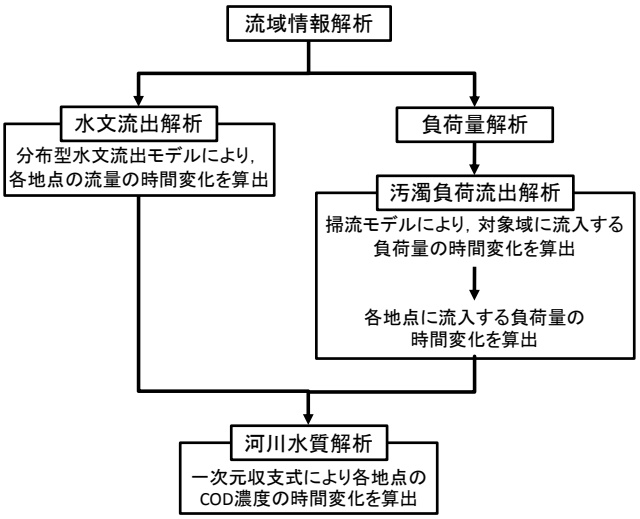

図１　分布型流域水質モデルの構成

４．負荷量解析

手順 1：　綾川流域における晴天時および雨天時の発生源別の負荷量を算出する．流域内の個別データが存在する畜産・土地からの負荷量は原単位法を用いた．個別データの存在しない生活系，産業系からの負荷量は比率法 [1] を用いた．このとき，晴天時の土地系からの負荷はゼロとした．

手順 2：　排出源別に負荷発生地点の空間分布を決定する．生活系・土地系からの負荷は国土数値情報を，その他からの負荷は香川県より提供を受けた住所データを用いた．

手順 3：　これらを用いて，綾川流域全体に対する各地点に流入する負荷量を算出し，ここから対象域に対する各地点に流入する負荷量の割合を算出する．

５．汚濁負荷流出解析

対象域を一つのボックスとみなし，点源および面源から発生した負荷が流出する過程を解く掃流モデルを用いることにより，ボックス内で河川に流入す

キーワード：負荷量解析，汚濁負荷流出解析，流出解析，河川水質解析
連絡先：〒761-0396 香川県高松市林町 2217 番 20　TEL：087-864-2143，FAX：087-864-2188

る負荷量の時間変化を算出した．掃流モデルでは，晴天時・雨天時・流量逓減期の 3 パターンを考慮した．**図 2** に示すように，晴天時には，点源による発生負荷量のほとんどが沈降・堆積し，面源による発生負荷量はすべて堆積するとした．一方，雨天時には，点源および面源による堆積物が掃流されるとした．流量逓減期には，晴天時と雨天時の半分の量が堆積・掃流されるとした．

最後に，綾川に流入する時間毎の負荷量の合計値を，各地点に流入する負荷量の割合に基づいて分配することにより，対象域における汚濁負荷量の各地点の時間変化を算出した．

6．水文流出解析

分布型水文流出モデル [2] を用いて，綾川の河川流量の各地点の時間変化を算出した．流域グリッド分割は負荷量解析で用いた大きさと同一とした．降雨量については，レーダー・アメダス解析雨量を用いた．また，レーダー・アメダス解析雨量のメッシュサイズと，流出解析に用いるモデル化された流域のグリッドサイズが異なるため，近接補間方法による補間を行った．

7．河川水質解析

基礎方程式として，つぎに示す物質濃度の一次元収支式を用いた．移流速度 u は河川流量を河川断面積で除することによって算出する．なお，計算期間は 2002 年とした．

$$u(t,x)\frac{dC(t,x)}{dx} = -k_b C(t,x) - k_p C(t,x) + L_C(t,x)$$

ただし，C：COD 濃度（g/m^3），x：流下距離（m），u：移流速度（m/min），k_b：生物活動による酸素消費速度（1/min），k_p：物理・化学作用による COD 除去速度（1/min），L_C：COD 負荷量（g/m^3/min）である．

8．河川水質シミュレーションの結果

以上より，綾川の各地点における COD 濃度の時間変化を算出することができた．一例として，府中ダムに流入する滝宮地点における COD 濃度の時間変化を**図 3** に示す．7・8 月の精度が悪いものの，観測値と概ね一致する結果が得られた．

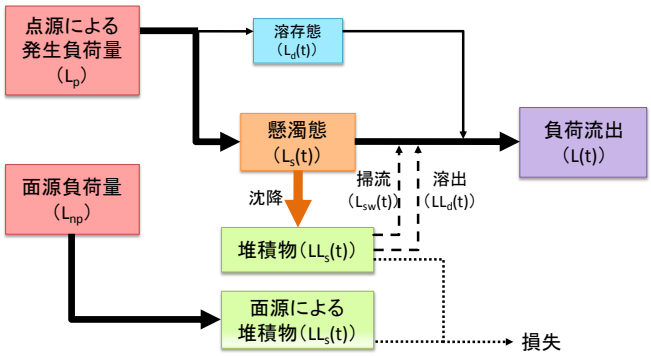

図 2　晴天時の負荷流出過程

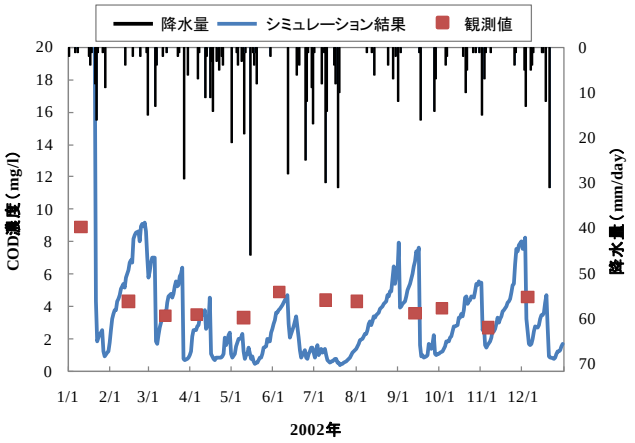

図 3　滝宮における降水量および COD 濃度の季節変化

9．おわりに

汚濁負荷量と河川流量の空間分布および時間変化を推定し，部室濃度の一次元収支式に適用することにより，河川水質の時間変化を推定するモデルを構築した．

今回対象とした綾川には短い時間間隔で観測された水質データが存在していないため，出水時のデータなどの比較検証が不十分である．月に一回の平水時に観測されたデータだけではモデルの妥当性を充分に検証することができない．今後は，水質自動観測装置が整備されている他の河川に本モデルを適用し，シミュレーションの精度を高める予定である．

参考文献

1）石塚正秀，溝口大介：比率法を用いた綾川流域の負荷量解析と負荷量の空間分布を考慮した河川水質シミュレーション，水工学論文集，第 54 巻，pp.1363-1368，2010.

2）石塚正秀，江種伸之：農業用水取水ルールを考慮した分布型水文流出モデルによる紀の川流出解析，水工学論文集，第 52 巻，pp.391-396，2008.