

# 生活習慣を考慮したメコン河流域における大腸菌群輸送モデルの開発

東北大学大学院 学生員 ○菅野 立基  
東北大学大学院 正会員 風間 聡  
東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

## 1. はじめに

メコン河下流域では毎年雨季になると洪水氾濫が発生し、農村部では洪水氾濫に伴う衛生状況の悪化による水系感染症が各地で蔓延しているという問題がある．本研究では、メコン河下流域であるカンボジアの氾濫原を対象に、この地域で生活する人々の生活パターンを考慮した集落レベルでの大腸菌群輸送モデルの開発を行い、住民の生活習慣の違いにより異なるパラメータを考慮したりリスクモデルを構築し、住民のリスクを低減するような生活様式や水の利用方法、ならびに社会基盤を提案することを目的としている．今回は糞便の日負荷回数を変化させ、雨季と乾季における水路内大腸菌群濃度の比較および大腸菌群濃度の時系列変化について考察した．

## 2. 計算対象領域及びデータセット

対象領域はカンボジア南部のプレイベン州である．気候は熱帯モンスーン気候で、5月～11月が雨季、12月～4月が乾季である．この地域では主に河川の表層水を生活用水として用いている．計算範囲は図1に示すような水路を仮定した．ここで、水位およびSSデータはメコン河委員会が編集したデータ<sup>3)</sup>を用いた．人口はカンボジアの一世帯平均人数が5.1人<sup>4)</sup>であることから一世帯5人とし、世帯数を与えることで決定した．また水路内のマニングの粗度係数は0.05、空間データの解像度は10m×10m、計算の時間間隔は1秒とした．

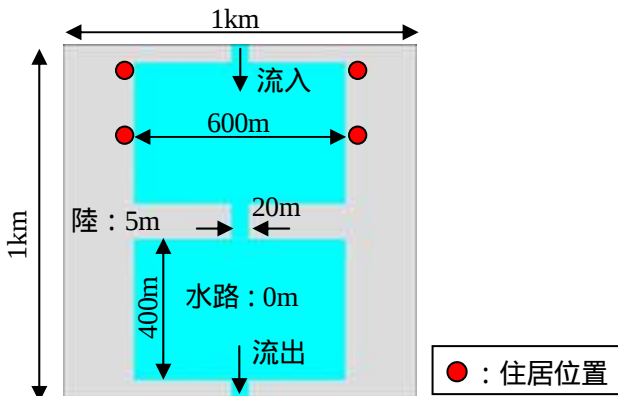


図1 水路形状

## 3. 方法

### (1) 洪水氾濫計算

洪水氾濫計算は、二次元不定流モデルを用いた．このモデルは、次の運動方程式と連続式からなる．

$$\text{運動方程式} \quad \begin{cases} (X \text{ 方向}) & \frac{\partial M}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} \\ (Y \text{ 方向}) & \frac{\partial N}{\partial t} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

ここで $h$ : 水深(m),  $H$ : 水位(m),  $\rho$ : 密度(kg/m<sup>3</sup>),  $M, N$ :  $X, Y$ 方向の単位幅あたりの流量フラックス(m<sup>2</sup>/s),  $M=uh, N=vh$ ,  $u, v$ :  $X, Y$ 方向の流速(m/s),  $\tau_{xb}, \tau_{yb}$ :  $X, Y$ 方向のせん断力(N/m<sup>2</sup>) である．

### (2) 大腸菌群濃度計算

大腸菌群濃度計算は、大腸菌群の負荷量および時間当たり的大腸菌群残存率を決定し、不定流式の流量フラックスを用いて計算した．日負荷量は式(4)で求められる．照射量と反射率の関係を簡略化して考えると式(5)のようになる．また SS濃度と反射率との関係は式(6)で表される<sup>4)</sup>．

$$C = n \times c \times (1 - s/100) \quad (4)$$

$$S = (1 - R/100) S_{\max} \quad (5)$$

$$R = 0.0809 + 0.0146U \quad (6)$$

ここで $C$ : 大腸菌群負荷量(個/日),  $n$ : 人口(人),  $c$ : 一人一日当たり的大腸菌群排出量(=2.0×10<sup>10</sup>個/人/日)<sup>5)</sup>,  $s$ : 下水道普及率(%),  $S$ : 太陽光線の照射熱量(J/m<sup>2</sup>/day),  $R$ : 反射率(%),  $U$ : SS濃度(mg/l),  $S_{\max}$ : 全照射熱量(J/m<sup>2</sup>/day) である．

### (3) 感度分析

今回は上流側水路からの負荷回数を変化させ下流側水路内の大腸菌群濃度計算を行い、水路内大腸菌群濃度の時系列変化を比較した．1日の総負荷量は全てのパターンにおいて等しいものとする．

#### 4. 結果及び考察

図2, 3は下流側水路内の平均大腸菌群濃度を雨季, 乾季ともに負荷回数を変化させ, 6時間毎にプロットしたものである。また図4は乾季における水路内の大腸菌群濃度の分布を示した図である。

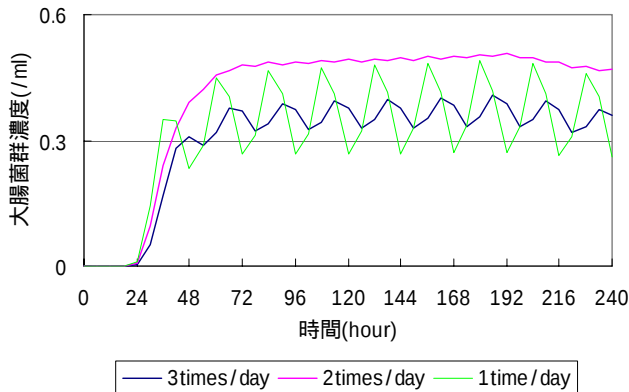


図2 水路内平均大腸菌群濃度の時系列変化(雨季)

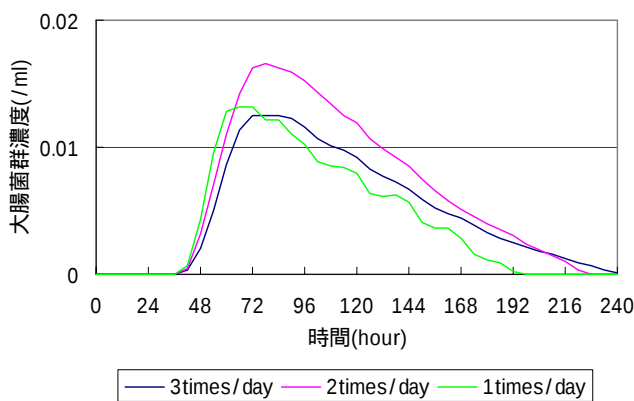


図3 水路内平均大腸菌群濃度の時系列変化(乾季)

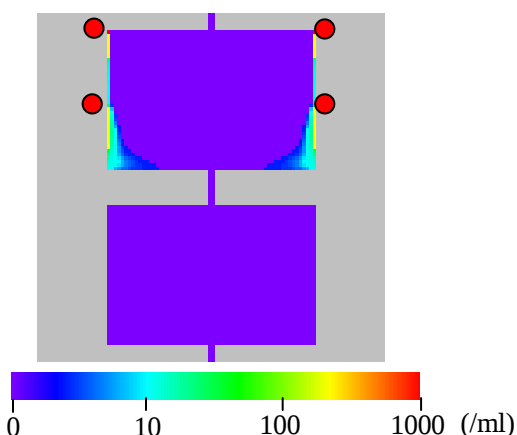


図4 乾季における水路内大腸菌群濃度

雨季と乾季の大腸菌群濃度を比較すると, 10倍以上オーダーが違ってくる。これは乾季における水路内の流速および水位が雨季におけるものよりも小さいため, 下流側へ移流する大腸菌群

量が雨季よりも小さくなり, 図4に示すように負荷位置周辺でのみ大腸菌群濃度が大きくなることによる。次に雨季の場合について考える。日負荷回数が1回, 3回の場合, 負荷の直後に大腸菌群濃度が増加し, その後減少に転じている。特に負荷回数が3回の場合, その傾向が顕著に現れている。それに対し, 日負荷回数が2回の場合, 負荷の前後に関わらず常に高い濃度を維持している。一般に負荷の回数が多い方が常に水路内に大腸菌群が滞留するため, 濃度も大きくなる。しかし, 負荷量が小さい場合には移流拡散の影響により大腸菌群が下流に流されてしまうため, 濃度が低くなるものと考えられる。以上のことから, 今回考えた負荷パターンに関しては, 負荷の間隔が12時間の場合に水路内大腸菌群濃度は常に高い値を示し, 水路で遊泳する習慣のある住民の水系感染症感染リスクも最も高くなると考えられる。したがって, 糞便は回数を分けずに一度に投棄し, 投棄の約12時間後に遊泳することで感染リスクを減らすことができると考えられる。

#### 5. 今後の方針

今後は現地観測を行い, 濃度の測定および住民へのインタビュー調査を行う。そこで収集したデータをモデルに反映させることでモデルの精度の向上を図る予定である。

謝辞: 本研究は科学研究費(代表者: 風間聡)から援助を受けた。ここに深甚なる謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 日本国際協力銀行: 貧困プロファイル カンボジア王国最終報告書, 2000
- 2) MRC: Lower Mekong Hydrologic Yearbook.
- 3) Ministry of health: National Health Statics 2005, 2006.
- 4) 沖一雄, 安岡善文, 田村正行: 高濃度水域における水質リモートセンシング, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 21, No. 5, pp. 449-457, 2001.
- 5) 金子光美: 水の消毒 (財)日本環境整備教育センター, 1997.