

## 仮想水路内における大腸菌群濃度の感度分析

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

メコン河流域ではコルマタージュと呼ばれる人為的な洪水氾濫を農地の肥沃化や地下水涵養に利用している。しかしインフラストラクチャー整備率が低い地域では、この方式による衛生状況の悪化が水系感染症の蔓延をもたらしている。本研究はプノンペンを中心とする広域を対象として洪水氾濫の影響を評価したこれまでの研究を基礎として、居住域における移流現象の解明や、感染リスクに影響を及ぼす要因の評価を行うことを目的とする。そこで今回、洪水氾濫に伴う衛生面への影響を時空間データで解析するモデルを構築し、それを用いて集落レベルでの大腸菌群濃度の感度分析を実施した。

### 2. 計算対象地域及びデータセット

計算対象地域はメコン河下流プレイベン州の氾濫原にある小集落を想定している。気候は熱帯モンスーン気候（5月～11月が雨季，12月～4月が乾季）である。計算範囲は図1に示すような500m×500m=250000m<sup>2</sup>の水路の周りの仮想的な集落である。図中の①～④は住居の位置を示している。水位およびSSはメコン河委員会が編集したデータ<sup>1)</sup>を用いた。人口については一世帯5人（カンボジアの一世帯平均人数=5.1人<sup>2)</sup>）とし、世帯数を片岸2軒ずつ与えて20人とした。また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。

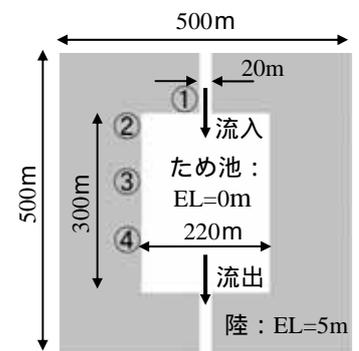


図1 水域形状

### 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。

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

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

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

大腸菌群濃度は次式で表される。

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -u \frac{\partial E}{\partial x} - v \frac{\partial E}{\partial y} + D \left( \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} \right) \quad (4)$$

ここで、 $E$ :大腸菌群濃度(個/ml),  $u, v$ : $X, Y$ 方向の流速(m/s),  $D$ :拡散係数(m<sup>2</sup>/s)であり、右辺の第1, 2項は移流項, 第3, 4項は拡散項である。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(5)で求められる。また照射量と反射率の関係を簡略化して考えると式(6)のように、SS濃度と反射率との関係は式(7)のようになる<sup>3)</sup>。

キーワード：メコン河，水系感染症，二次元不定流モデル，大腸菌群，感度分析，リスク評価

連絡先：〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻水環境システム学研究室

$$C = n \times c \times (1 - s/100) \quad (5)$$

$$S = (1 - R/100) S_{\max} \quad (6)$$

$$R = 0.0809 + 0.0146U \quad (7)$$

ここで、 $C$ ：大腸菌群負荷量(個/日)、 $n$ ：人口(人)、 $c$ ：1人1日当たり的大腸菌群排出量(=2.0×10<sup>10</sup>個/人/日)<sup>4)</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(%)、 $S_{\max}$ ：全照射熱量(J/m<sup>2</sup>/day)、 $U$ ：SS濃度(mg/l)である。負荷は排泄物によるものであり、住民は排泄物を住居から水路に直接投棄するとした。

### (3) 感度分析

大腸菌群濃度の感度分析は負荷位置、および負荷回数を変化させて実施した。負荷のパターンは住居からの投棄回数を変化させたときのリスクの違いを比較するため、表1に示す2パターンを考えた。

表1 大腸菌群負荷パターン

	負荷回数/日	負荷量
A	1	$C$
B	3	$C/3$

## 4. 結果及び考察

図2, 3から、大腸菌群濃度は負荷位置により大きく異なることがわかる。A, Bともに負荷が上流側で生じた方が濃度はより高くなるという結果が得られた。またAに比べBの濃度は明らかに大きい。これは負荷を3回に分けたことにより、短い間隔で大腸菌群が負荷されるため水路内に留まる大腸菌群量も多くなる。よって濃度も大きくなるものと考えられる。

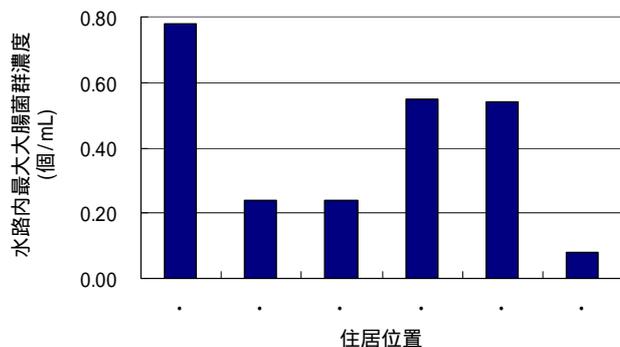


図2 大腸菌群濃度と住居位置の関係(パターン A)

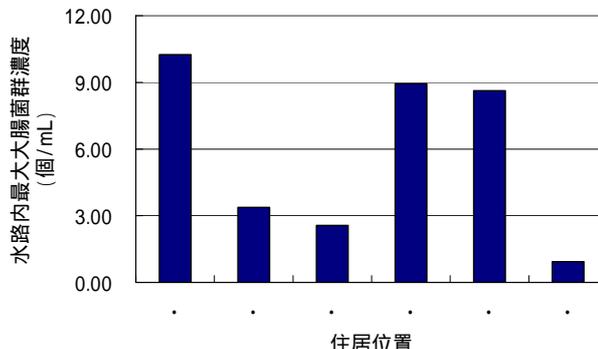


図3 大腸菌群濃度と住居位置の関係(パターン B)

## 5. 結論

今回、以下のような知見が得られた。

- ・ 大腸菌群濃度はその負荷位置によって大きく異なり、負荷位置が上流にある方がより濃度は大きくなる。
- ・ 負荷量が等しい場合、負荷回数が多い方が水路内の濃度が一定して高いため、リスクは高くなる。

これらのことから、住民に対し排泄物投棄の回数を指導する、また大腸菌群濃度が最も大きくなる箇所への衛生施設を配置することで、水系感染症のリスクを軽減できると考えられる。今後、大腸菌群の沈降、蒸発散等を考えることによって、モデルの精度を高め、より詳細な分析を行うことが出来ると考えている。

謝辞：本研究は科学研究費(代表者：風間聡)ならびに文部科学省人・自然・地球共生プロジェクト「アジア・モンスーン地域における水資源の安全性に関わるリスクマネジメントシステムの構築」(平成15~18年度、代表：大村達夫)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) MRC：Lower Mekong Hydrologic Yearbook .
- (2) Ministry of health : National Health Statics 2005 , 2006 .
- (3) 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 .
- (4) 金子光美：水の消毒, (財)日本環境整備教育センター, 1997 .