

カンボジア王国トンレサップ湖における大腸菌濃度と水系感染症リスクの時空間分布

岩手大学大学院連合農学研究科 非会員 ○米田 一路
山形大学農学部 正会員 西山 正晃, 渡部 徹

1. はじめに

カンボジア王国のトンレサップ湖には約90個の水上集落があり、約85,000人が暮らしている¹⁾。ほとんどの水上集落ではふん便や生活排水が未処理の状態で湖へ排出されている。同時に、水上生活者は家屋付近の汚染された湖水をそのまま、あるいは簡易な処理をしてから日々の生活に利用している²⁾。そのため、水上集落では下痢症等の水系感染症が蔓延しており³⁾、水上生活者は水質汚染の被害者にもなっている。

この状況を正しく把握して対策を検討するために、本研究では、水上集落を含むトンレサップ湖全域を対象として、ふん便汚染指標細菌である大腸菌数を調査した。さらにこの調査結果と、水上集落から排出される大腸菌の輸送と消長を考慮した大腸菌動態モデルを用いて、水上生活者の水浴による水系感染症リスクを時空間的に評価した。

2. 実験方法

2.1 大腸菌数の調査

調査は湖水位の低い2019年6月と湖水位の高い2019年10月にそれぞれ実施した。調査地点は、トンレサップ湖を縦横断するように、低水位期は水上集落3地点を含む38地点、高水位期は水上集落2地点を含む19地点とした。試料は湖面から直接採取し、クーラーボックス内で冷却して持ち帰り、採取後10時間以内にメンブレンフィルター法で大腸菌を計数した。最大で100mLの試料水を孔径0.45 μ mのセルロース混合エステル製メンブレンフィルター（Advantec, Tokyo, Japan）に通水ろ過した。そのフィルターをChromocult® Coliform Agar ES（Merck, Darmstadt, Germany）上に置き、37°Cで24時間培養した。培養後にフィルター上で生育した青色のコロニーを大腸菌として計数した。1試料につき3回計数し、その平均値を大腸菌数とした。

2.2 水系感染症リスクの評価

ふん便汚染の指標である大腸菌数をもとに、水浴時の湖水の誤飲に起因する下痢症のリスクを評価した。湖水を誤飲する量と1日の水浴時間については、U.S.EPA（2011）が推定している原単位を参考に、それぞれ50mL/h（水泳時の誤飲量と同等）、17分（一般的な入浴時間と同等）とした⁴⁾。両者を掛け合わせた14.2mLが水上生活者の1日の誤飲量であり、その場所における湖水の大腸菌数を乗ずることで水上生活者が摂取する大腸菌数を計算した。湖水の大腸菌数には著者ら⁵⁾が開発したモデルの計算値を利用し、最終的に次式によって下痢症のリスクを計算した。

$$P(D) = 1 - \left(1 + \frac{D}{\beta}\right)^{-\alpha} \quad (1)$$

$$R_Y = 1 - (1 - P(D))^{365} \quad (2)$$

ここで、 P は下痢症の日罹患率、 D は1日当たりの大腸菌摂取量（CFU/日）、 $\alpha=0.178$ 、 $\beta=1780000^6$ 、そして、 R_Y は下痢症の年間罹患率である。

3. 結果および考察

トンレサップ湖で測定した大腸菌数の空間分布を図1に示す。水上集落の大腸菌数は、低水位期（ $2.0 \times 10^2 \sim 8.2 \times 10^3$ CFU/100 mL）と高水位期（ $5.4 \times 10^3 \sim 6.0 \times 10^3$ CFU/100 mL）とともに、他の調査地点（低水位期で $< 3.0 \times 10^{-1} \sim 5.2 \times 10^2$ CFU/100 mL、高水位期で $< 3.0 \times 10^{-1} \sim 4.4 \times 10^1$ CFU/100 mL）に比べて明らかに高かった。水上集落が湖水の大腸菌汚染源であることは明白である。低水位期にはごく低濃度（10 CFU/100 mL以下）であるが、湖の中央からも大腸菌が検出された。これらの調査地点は、汚染源である水上集落から離れており、付近には他に汚染源が存在しないことから、水上集落や支流河川から流されてきた大腸

キーワード 水系感染症リスク、大腸菌、大腸菌動態モデル、水上生活者、トンレサップ湖

住所：岩手県盛岡市上田3丁目18-8 Tel：0235-28-2907 Email：yoneda.i.22@gmail.com

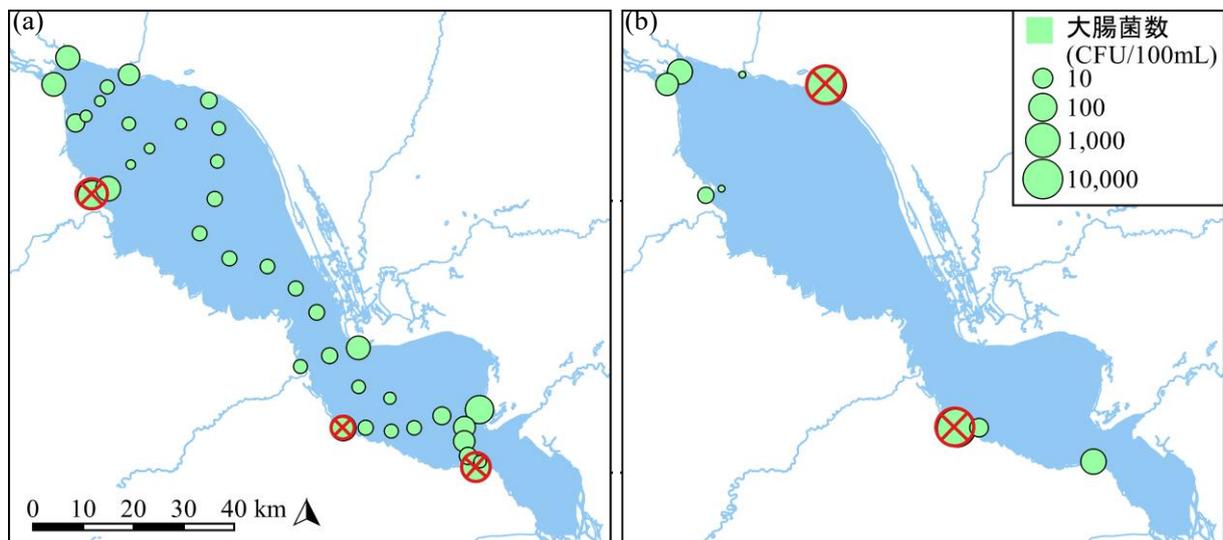


図 1 低水位期(a)と高水位期(b)における大腸菌数の空間分布（×印は水上集落を示す.）.

菌が湖底中で長期間生存し⁷⁾、湖底の巻き上げにより水中に出てきた可能性がある。同じ地点であっても、高水位期には大腸菌は検出されなかった。これは、水位上昇による希釈の影響であろう。

大腸菌動態モデルの計算結果⁹⁾をもとに2011年1月から2019年10月まで毎日、水上集落毎に下痢症の日罹患率を算出した。その平均値を図2に示す。いずれの年においても、日罹患率は乾季が始まる11月頃から上昇し、乾季の終盤の5月頃に最大となった。その後、雨季には徐々に低下し、雨季の終盤の9月頃にはほぼ0となった。この変動は湖水位の変動と真逆であり、水位の高い雨季に湖水の大腸菌濃度が希釈される現象を反映している。

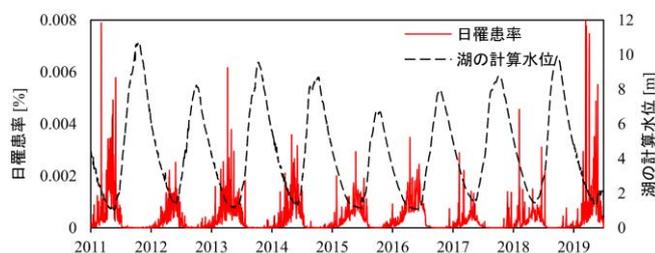


図 2 水上集落における下痢症の日罹患率（全集落の平均値）の季節変動。

計算期間（2011年1月から2019年10月）で平均した各水上集落での下痢症の年間罹患率を図3に示す。罹患率の平均値は、湖西側が0.08、湖北側が0.15、湖北東側が0.18、湖東側が0.15、湖南側が0.16であった。他の領域と比べて有意に罹患率が低い湖西側では、乾季に多くの集落は水深が深く大腸菌が希釈されやすい領域に移動する。さらに、この領域では水の流れが速く、大腸菌が集落外に流されやすいことがモデル計算の結果から分かった。一方で、規模が大きい集落（湖北東側）や湖水が停滞しやすい領域にある集落（湖北側、湖東側、湖南側）では罹患率が高くなりやすい傾向があった。これらの高リスク領域に位置する集落に対して、優先的な対策の実施が推奨される。

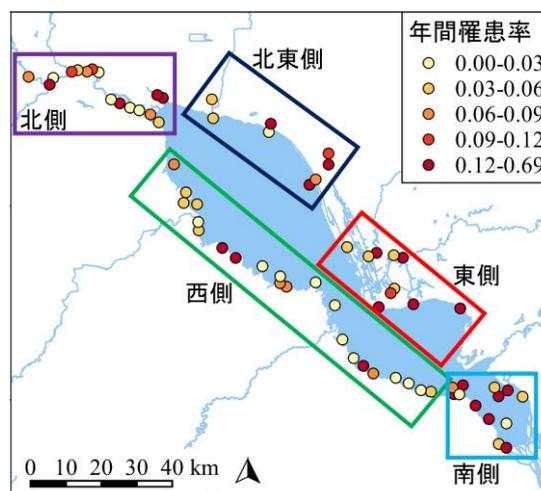


図 3 各水上集落での下痢症の年間罹患率。

参考文献

1) Keskinen, M. (2006), *Int. J. Water Resour. Dev.*, **22**(3), 463-480.

2) Brown, M. *et al.* (2010), *Sanitation in floating communities in Cambodia*, Ministry of Rural Development.
 3) In, S. *et al.* (2018), *Proceedings of 17th World Lake Conference*, Tsukuba, Japan.
 4) U.S. EPA. (2011) *Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report)*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
 5) Yoneda, I. *et al.* (2021), *The 14th Annual Conference on the Challenges in Environmental Science and Engineering*, Online.
 6) Rose, J.B. *et al.* (2000), *Journal of American Water Works Association*, **92**(9), 77-87.
 7) Ishii, S. and Sadowsky, M. J. (2008), *Microbes. Environ.*, **23**(2), 101-108.