

地理情報と統計資料にもとづくメコン流域における水系感染症リスク評価

東北大学 学生員 ○三浦尚之, 佐々木司
東北大学 正会員 渡部 徹, 大村達夫
国立国際医療センター研究所 中村 哲

1. はじめに

WHO の報告によると, 世界人口の 6 人に 1 人は安全な水供給を受けることができず, 不衛生な水を飲用することで発生する下痢症により, 毎年 160 万人もの尊い命が失われている¹⁾。その 90% は 5 歳未満の乳幼児であるが, メコン流域に位置するラオスやカンボジアでは, 5 歳未満児の死亡率がともに 13% と極めて深刻な状況である²⁾。メコン流域における水系感染症のリスクを効果的かつ効率的に低減し, 持続的発展を実現するためには, 正確なリスク評価にもとづいた水・衛生問題に関する適切な対策を講じる必要がある。本研究では, メコン流域のラオス, カンボジア, ベトナムおよびタイにおいて, 現地調査の結果と地理情報から飲用水源を決定し, 各水源の微生物汚染状況から飲用水摂取による感染リスクを評価した。

2. 解析手法

(1) 飲用水源の選択

現地調査^{3), 4)}により明らかになった各地域における飲用水源を表 1 に示した。4 カ国に共通して, 都市域の水道が整備されている地域では季節に関係なく水道水またはボトル水が飲用されていた。ただし, ラオス, カンボジアおよびベトナムにおけるボトル水の飲用は, 一部の裕福な家庭に限られていた。一方, 上記の 3 カ国の農村域においては, 河川に近い地域では河川水が, 河川から遠い地域では井戸水がそれぞれ飲用されていた。ラオスとカンボジアの農村域では, 一部で雨季に雨水を飲用する家庭も見られたが, ベトナムのメコンデルタにおいては, 一定の収入を超える家庭で年間を通して雨水を飲用していた。タイの農村域では, 各家庭で雨水を貯める大きな水瓶を所有しており, 年間を通して雨水が飲用されていた。

この調査結果にもとづいて, 対象流域を 1km メッシュに分割し, メッシュ毎に飲用水源を決定した。

ラオス, カンボジアおよびベトナムについては, 土地利用データから市街地を判別されたメッシュの飲用水源を水道水とした。ラオスとカンボジアの農村域については, 河道の位置データを用いて, 河川が含まれるメッシュの飲用水源を河川水, 河川が含まれないメッシュの水源を井戸水とした。ベトナムの農村域については, これに加えて雨水の利用も考慮した。ベトナムメコンデルタにおいて行ったインタビュー調査 (N = 94) では, 雨水を飲用する人々の最低収入 (167

地域*	表 1. 各地域における主な飲用水源	
	飲用水源**	
	雨季	乾季
ラオス・カンボジア		
都市域	水道水・ボトル水	水道水・ボトル水
河川に近い農村域	河川水・雨水	河川水
河川から遠い農村域	井戸水・雨水	井戸水
ベトナム		
都市域	水道水・ボトル水	水道水・ボトル水
河川に近い農村域	河川水・雨水	河川水・雨水
河川から遠い農村域	井戸水・雨水	井戸水・雨水
タイ		
都市域	水道水・ボトル水	水道水・ボトル水
農村域	雨水	雨水

*: 水道が整備されている地域を都市域とした
**: 下線は一部の裕福な家庭に飲用されている水源
千ドン/人・月) は, 経済状況を表す指標の一つである貧困率を算出する際に用いられる貧困ライン (このラインより収入が少ない人の割合が貧困率) とほぼ同等であった。このことから, 「1 - 貧困率」を雨水利用者の割合とし, 他は河川水または井戸水を飲用していることとした。

タイでは市街地以外にも水道が整備されているため, 県別の水道普及率を各県の水道水を飲用する人の割合とし, それ以外の人の飲用水源をボトル水または雨水とした。ボトル水と雨水を飲用する人の割合は, タイの Khon Kaen 県におけるインタビュー調査 (N = 85)⁴⁾の結果にもとづいて, 30% がボトル水を飲用し, 他は雨水とした。

(2) 感染リスクの算出

タイを除いた 3 カ国の各飲用水源の汚染状況は, ラオスの 4 県, カンボジアの 6 県, ベトナムの 7 県で行った調査結果にもとづいて決定した。各水源の大腸菌群数について県別の平均値を求め, これを被説明変数とし, 県別の種々な統計値を説明変数とする重回帰分析を行った。その結果, 統計的に有意な以下の回帰式を得た。

【雨季の大腸菌群数】
井戸水 : $C = 0.93PD + 0.57WT - 1.4SN + 41$ ($R^2 = 0.69, p = 0.01$)
雨 水 : $C = 0.36RR - 0.81PV - 0.31WT - 0.25SN + 49$ ($R^2 = 0.74, p = 0.02$)

【乾季の大腸菌群数】
井戸水 : $C = 0.73WT - 0.57SN + 13$ ($R^2 = 0.58, p = 0.08$)
河川水 : $C = 0.86PD + 20$ ($R^2 = 0.70, p = 0.006$)
雨 水 : $C = -0.99PV + 172$ ($R^2 = 0.98, p = 0.07$)
ここで, C : 大腸菌群数[CFU/mL], PD : 人口密度[%], RR :

農村域の居住人口割合[%], PV : 貧困率[%], WT : 安全な水を利用できる人口割合[%], SN : 満足な衛生設備を利用できる人口割合[%]である。調査を実施しなかった県における汚染状況は、上の回帰式を用いて推定した。一方、有意な回帰式が得られなかった水源、およびタイの全ての飲用水源では、大腸菌群数が季節や県にかかわらず一定として調査結果の平均値を全ての県に用いた。

リスク評価は、一般的な下痢症を引き起こす *E.coli* を対象とした。飲用水中の *E.coli* 濃度は、推定式⁴⁾を用いて飲用水の大腸菌群数から推定した。推定した *E.coli* 濃度に飲水量(1日 2L)を乗じることで、摂取する *E.coli* の個数を求め、用量・反応モデルを用いて、下痢症の年間感染リスクをメッシュ毎に算出した⁴⁾。

3. 結果および考察

図 1 にメコン流域における下痢症の年間感染リスクを算出した結果を示した。都市域においては(例: ラオスの首都 Vientiane), 飲用水源である水道水から大腸菌群が検出されることはほとんどないため、感染リスクは低く 10^{-5} ~ 10^{-4} のオーダーであった。これに対し、人が高い密度で居住する都市近郊の農村域においては、感染リスクが極めて高い (0.1 ~ 1) ことが分かった。このリスクから、対象流域における年間の下痢症発生件数は4カ国の合計でおよそ 1220 万件と見積もられた。

各国で県別に算出した下痢症の年間感染リスクと実際の罹患率についてそれぞれの対数値を比較したところ、図 2 に示すようにベトナムにおいて正の相関関係が認められ ($R = 0.62, p = 0.06$), モデルの妥当性を示す一つの結果が得られた。

ラオスとカンボジアにおいて報告されている下痢症の罹患率は、 10^{-4} ~ 10^{-3} のオーダーであり、ベトナムやタイの罹患率 (10^{-2} ~ 0.1) と比べて2オーダー低い。ラオスとカンボジアでは、疾病のサーベイランス体制がまだ十分でない可能性がある。

前述のようにタイの農村域では、年間を通して雨水が飲用されているが、ラオスやカンボジア、ベトナムでも農村域の飲用水源である井戸水や河川水を雨水に切り替えるというシナリオで患者数を算出した結果(雨水における病原微生物濃度はタイの調査結果⁴⁾を使用), 雨水の普及を進めるにしたがって下痢症の発生件数は減少し、最大で現在の 23%にまで発生件数を減少させることができると予測された。

4. おわりに

現地調査結果にもとづき地理情報と統計資料を用いて構築したメコン流域における水系感染症リスク評価モデルにより、下痢症の発生状況を大まかに再現することができた。このモデルを用いることで、メコン流域での水系感染症のリスク低減対策について評価することができる。

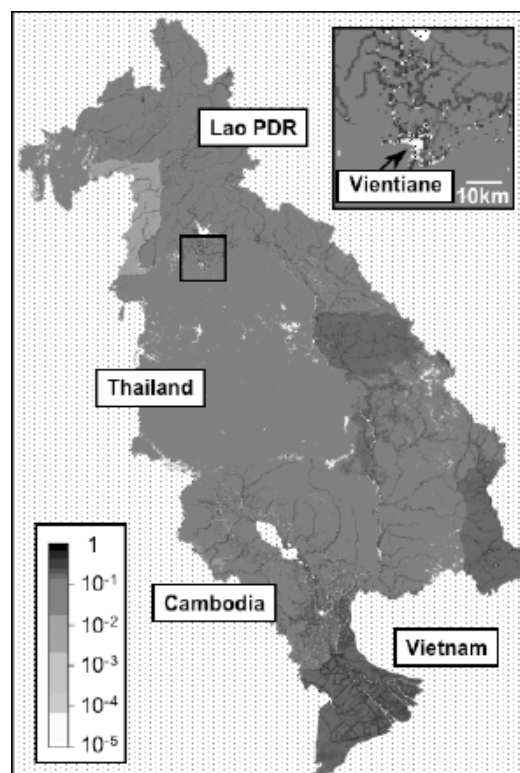


図 1. 飲用水起因下痢症の年間感染リスクの分布

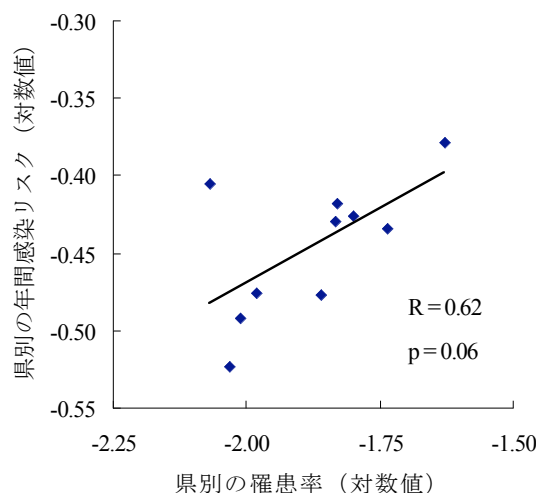


図 2. ベトナムにおける下痢症の県別年間感染リスク(計算値)と実際の罹患率(1996~2004年の平均値)との比較

謝辞: 本研究は、文部科学省人・自然・地球共生プロジェクトおよび科学研究費補助金(若手研究)によって行われた。

参考文献

- 1) WHO (2004). Water, Sanitation and Hygiene Links to Health. FACTS AND FIGURES. Nov. 2004
- 2) UNFPA (2006). State of World Population 2006
- 3) 三浦ら (2005). メコン流域における水利用と微生物汚染, 環境工学研究論文集, 42, 451-462
- 4) 渡部ら (2006). メコン流域における水供給システムに着目した水系感染症のリスク評価, 環境工学研究論文集, 43, 245-254