

メコン流域における水環境の病原微生物汚染

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

1. はじめに

現在 64 億人である世界人口は人口増加率およそ 1.2% (年間 7600 万人の割合) で今なお急速に増え続けており、水の需要がさらに高まることが予測される (UNFPA, 2004)。水問題は単に量の問題だけでなく質の問題でもあり、飲料水を含む生活用水として安全な水を利用できない人口は、世界人口の 6 分の 1 に達する。汚染された水に起因する下痢症は、世界中で見られる疾病の 1 つで、全死因の 4% (年間 220 万人)、身体機能異常の原因の 5% を占める。特に発展途上国においては、下痢症の問題は深刻であり、東南アジアでは、全死因の 8.5% にまで達する (WHO Homepage より)。この下痢症を始めとする水系感染症のリスクを効果的に低減させるためには、現地の水環境や水利用の状況を把握し、その特徴を考慮したリスク評価にもとづく適切な対策を行う必要がある。

本研究では、東南アジアのメコン流域における水系感染症のリスク評価に必要な情報を収集するために、ラオスとカンボジアにおいて、河川水、水道水、ボトル水や井戸水などの微生物汚染状況を明らかにすることを目的とする。

2. 現地調査

2. 1 調査地点

現地調査は、2004 年 3 月と 9 月に、ラオスの 4 地点と、カンボジアの 3 地点において行われた (図 1)。この調査地域は、アジア・モンスーン地域に属しており、季節は雨季と乾季に大きく区別される。調査を実施した 3 月と 9 月はそれぞれ、乾季と雨季の終盤にあたる。

各調査地点の概略について、以下に示す。

- ・ **Vientiane** : ラオスの首都。都市部には上水道が整備されている。ただし、水道水は一般的に飲用に用いられず、多くの人はボトル水を飲んでいる。下水道は未整備。
- ・ **Ban Paylom** : Vientiane 近郊の村落。上水道は整備されていない。比較的裕福な村落であり、多くの家庭では、飲料水としてボトル水を購入している。その他の家庭では、井戸水を飲用している。
- ・ **Savannakhet** : ラオス中部のサバナケット県にある村落。上水道は未整備。河川水または井戸水を生活に利用している。一部では、雨水も飲用されている。
- ・ **Khong** : ラオス最南端、カンボジアとの国境付近に位置する地域。上水道は未整備で、煮沸した河川水を主に飲用している。
- ・ **Phnom Penh** : カンボジアの首都。Vientiane と同様、都市部では上水道が整備されている。下水道も一部普及している。飲料水はボトル水が一般的であるが、水道水を

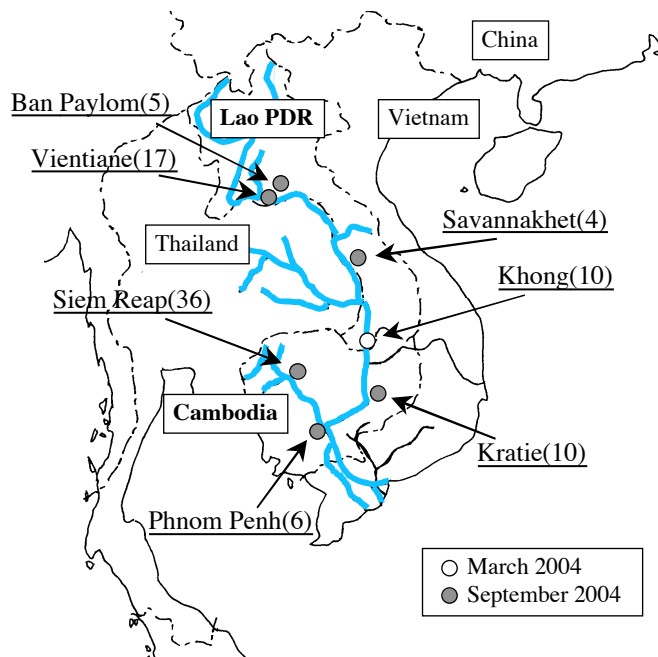


図 1. 調査地点 (括弧内の数字はサンプル数を示す)

煮沸して飲むケースも見られる。

・ **Kratie** : Phnom Penh より約 200km 上流。中心部にも Phnom Penh のような上水道はなく、雨水や河川水が飲用されている。河川水については、ミョウバンを用いた簡単な凝集沈殿処理により浄化されている例もある。井戸も多数みられるが、飲用にはほとんど用いられていない。

・ **Siem Reap** : トンレサップ湖に面した地域。ここでも Kratie と同様に、雨水と河川水が飲用されている。

2. 2 調査方法

上記の調査地点において、河川水、水道水、ボトル水、井戸水等の水環境を対象に、微生物汚染状況を調査した。

糞便由来の細菌汚染の指標として、大腸菌群と黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) をそれぞれ、テストペーパー (Shibata, Japan) による培養法で検出した。また、大腸菌群よりも糞便汚染に関する指標性が高い大腸菌 (*Escherichia coli*) についても、液体選択培地 colitag™ (ENTEST JAPAN) を用いた MPN 法により、定量検出を行った。

一方、水環境からの病原ウイルス (ノロウイルス) の検出も試みた。サンプル 50~1000mL を陽電荷フィルター (AMF, Cuno Div., Meriden, USA) を用いてろ過した後、フィルターを炭酸緩衝液で洗浄し、ウイルスを誘出した。誘出液中のウイルスを、ポリエチレングリコールを用いた吸着・沈殿処理 (PEG 沈) によって濃縮した。この濃縮液に含まれるノロウイルス遺伝子から、逆転写反応に

Keywords: メコン流域, 水環境, 病原微生物, 感染リスク, ノロウイルス, cross-contamination

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻, TEL: 022-795-7483, FAX: 022-795-7482

より cDNA を作成した後、real-time PCR 法でこの cDNA を定量検出した。それと同時に、濃縮液中のウイルス遺伝子を PCR 法とクローニングを増幅させ、DNA シーケンサー（ABI PRISM310, Applied Biosystems, USA）を用いて、遺伝子配列の解析を行った。

3. 結果および考察

3. 1 水環境の細菌汚染

図2には、各調査地域において観測された大腸菌群数を、水源別の平均値として示した。各地域での汚染状況について、以下に考察する。

Vientiane の浄水場では、河川水を水源として急速ろ過方式により浄水処理を行っていたが、十分な処理が行われており、水道水からは大腸菌群が検出されなかった。一方で、一般に飲用されているボトル水からは、大腸菌群が検出され、ボトル水製造時の衛生管理に問題がある。

Ban Paylom では、ボトル水から高い濃度で大腸菌群が検出された。このボトル水からは、*S.aureus* と *E.coli* も頻繁に検出された。この地域では、数年前まで、井戸水が主要な飲料水源として用いられていた。この結果に基づいて考察すると、以前のように井戸水を飲用する方が、ボトル水を飲用するよりも感染リスクが低いと言える。

Savannakhet のある井戸では、*S.aureus* (>200CFU/mL) と *E.coli* (>2400MPN/100mL) も高い濃度で検出されており、糞便汚染が深刻であった。

Khong では、沸騰させた河川水を飲用していたが、この水から、河川水よりも高い濃度で大腸菌群が検出された。沸騰後に貯蔵している間に再汚染（cross-contamination）された可能性が高い。後述するが、この飲料水からは、ノロウイルスも検出された。

Siem Reap においては、住民が利用している飲料水（水源は不明）の大腸菌群数が、周辺の水環境の大腸菌群数よりも高かった。これも、Khong のケースと同様に、cross-contamination が原因であろう。

Kratie の一部の地域では、河川水を簡易な凝集沈殿処理で処理した後飲用されていたが、その微生物除去効果は疑わしい。

Phnom Penh においては、Vientiane と同様に、水道水には大腸菌群が存在せず、浄水場における処理状況が良好である上、配水中での再汚染も見られなかった。

3. 2 水環境のウイルス汚染

2004年3月に Khong において採られた10種類のサンプルのうち2つからノロウイルスが検出された。一つは、地域の住民が飲用する煮沸後の河川水（濃度：16copies/mL）であり、もう一つは、観光客向けに販売されていたボトル水（18copies/mL）であった。ノロウイルスの最小感染単位は 10PCR-detectable units と言われており（Percival *et al.*, 2004）、これと比較すると、2つのサンプルは高い濃度で汚染されていたことが分かる。両サンプルから検出されたノロウイルスの遺伝子配列は同一であり（Homology>99%）、GI 系に分類される株であった。

2004年9月のサンプルからのウイルス検出については、現在作業中であるが、その結果が明らかとなれば、前述の水環境の細菌汚染の状況と、ノロウイルスの存在の有無との関係を明確にすることができる。

4. まとめ

本研究では、メコン流域のラオス、カンボジアにおいて、水環境の微生物汚染の現状を明らかにした。今後、当該地域における水系感染症のリスク評価を行うためには、同様のデータを蓄積していく必要がある。

謝辞：本研究は、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）により行われた。

参考文献

- Percival *et al.*: *Microbiology of Waterborne Diseases*. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA, 2004
 UNFPA: 世界人口白書 2004
 WHO: Homepage: Water Sanitation and Health (http://www.who.int/water_sanitation_health/)

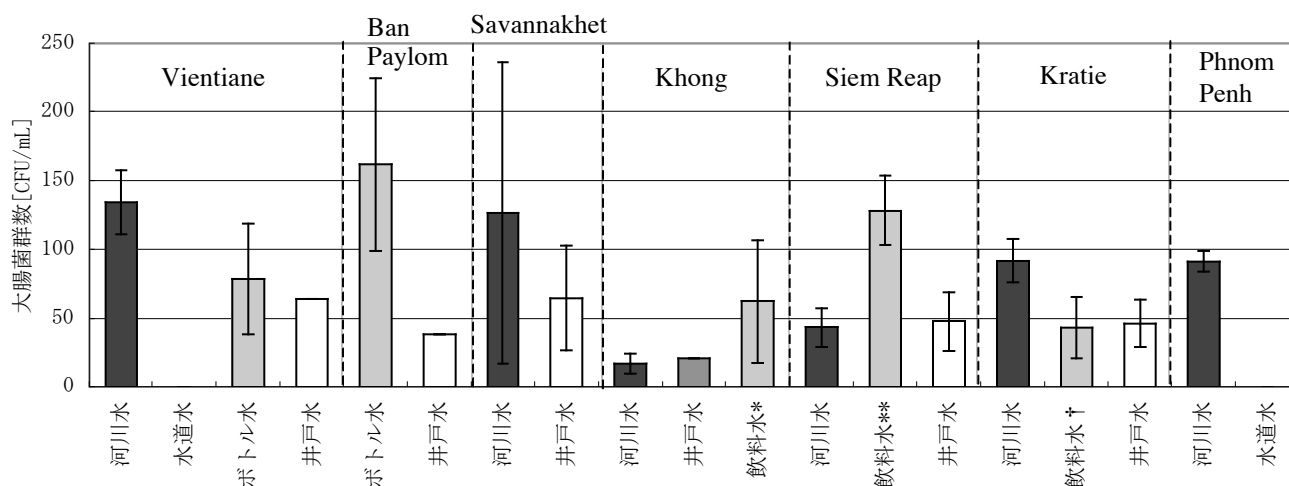


図2. メコン流域の様々な水環境における大腸菌群数

(*:河川水を煮沸した水, **:水源は不明, †:河川水にミョウバンを加えて簡易に凝集沈殿処理した水)