

タイ東北部における水供給システムに着目した水系感染症リスク評価

東北大学 正会員 ○渡部 徹, 真砂佳史, 大村達夫
東北大学 学生員 三浦尚之

1. はじめに

メコン流域のラオスおよびカンボジアでは人口の半数以上が安全な水を利用できず、水系感染症の流行に度々見舞われている。水系感染症による健康被害は、抵抗力や体力が劣る乳幼児において顕著であり、両国における5歳未満児の死亡率はともに13.3%にも達する。一方、隣国のタイ（東北部がメコン流域に位置する）においては、すでにほとんどの地域で上水道が整備されており、5歳未満児の死亡率は2.5%と低い。タイ東北部における水系感染症のリスクを評価することは、ラオスやカンボジアにおいて上水道の整備等によるリスク削減効果を把握する上で意義深い。そこで、本研究では、タイ東北部の中心であるKhon Kaen県における水環境の利用状況とその汚染状況を調査することで、この地域の水系感染症のリスク評価を行った。特に、この地域の水供給システムに着目してリスクの比較も行った。

2. 方法

2005年12月に、Khon Kaen市の3集落（Don Ya Nang, Wut Ta Ram, Non Mong）と、Nong Rua市の3集落（Nong Rua, Tha Sa La, Non Sawan）において現地調査を行った（図1）。Khon Kaen市では広い地域に渡って、Nong Rua市では市街地の一部に、それぞれ河川水を水源として浄水場で処理された水道水が給水されている（広域水道）。一方、両市の非市街地では、集落単位で地下水を汲み上げて（未処理で）各世帯に給水する集落水道のシステムが見られた。

上記6集落の住民に対して、下痢、赤痢などの病歴の有無や、飲用水および家庭用水の水源とその処理方法等について、聞き取り調査を行った。調査対象は集落あたり10～23世帯とした。

また、雨水、水道水、井戸水等の水源のうち、飲用水および家庭用水として利用されている水源について、微生物汚染状況を調査した。各水源の微生物汚染の指標として、大腸菌群と黄色ブドウ球菌を選択し、それぞれ試験紙（柴田科学）による培養法で検出した。一部の水源では、糞便汚染に関する指標性が高いとされる *E.coli* も特定酵素基質培地コリタージュ（エンテスト社）を用いて検出し、MPN法により定量を行った¹⁾。

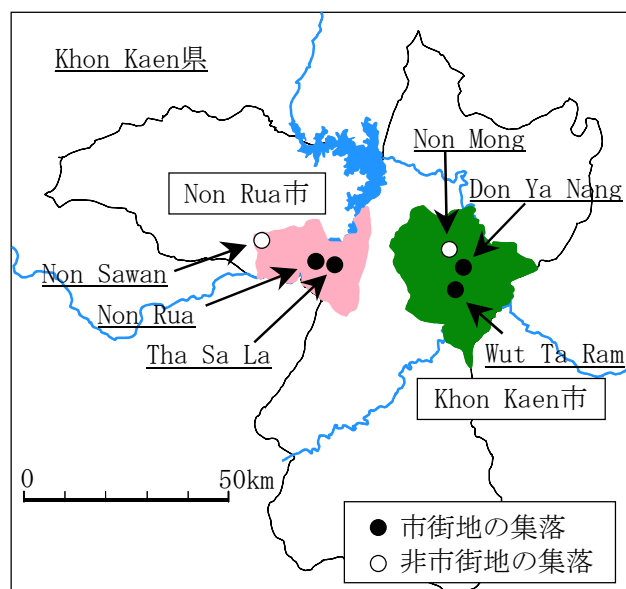


図1 調査地点

3. 結果および考察

各集落において飲用水および家庭用水として利用されている水源とその使用量、そしてそれぞれの水源の汚染状況（大腸菌群数）を表1にまとめた。

3. 1 水利用状況

飲用水に関しては、Khon Kaen市の市街地では、ボトル水を飲用する世帯が最も多かった。水道水は、カルキ臭の問題から、浄水器でろ過し残留塩素を除いた後に飲用されていた。Khon Kaen市の非市街地とNong Rua市の市街地は類似しており、ボトル水を利用する世帯は少なく、水道水をろ過した水や雨水が主に利用されていた。Nong Rua市の非市街地では、飲用水のすべてを雨水でまかなっていた。

家庭用水については、すべての家庭で水道水（広域水道または集落水道）が利用されていた。ただし、Khon Kaen市の非市街地においては、井戸水を補助的に利用している世帯もあった。

また、Khon Kaen市では、Non Rua市と比較して、飲用水、家庭用水ともに使用量が多かった。世帯あたりの収入の差がその要因として考えられる。

3. 2 飲用水と家庭用水の微生物汚染状況

（1）Khon Kaen市における汚染状況

市街地の2集落（Don Ya Nang, Wut Ta Ram）では、広域水道の水は十分な残留塩素を有しており、大腸菌群の濃度は非常に低かった。しかし、非市街地に

Keywords : タイ東北部, 水供給システム, 水系感染症, リスク評価, 指標微生物, 飲用水

〒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 (TEL 022-795-7483)

表1 集落ごとの飲用水・生活用水の利用状況とその汚染状況（大腸菌群数を指標とする）

集落名 (調査世帯数)	飲用水									家庭用水								
	雨水			ボトル水			水道水をろ過			広域水道			集落水道			井戸水		
	No	Qty	TC	No	Qty	TC	No	Qty	TC	No	Qty	TC	No	Qty	TC	No	Qty	TC
Don Ya Nang (10)	0	2.1	-	8	2.3	42	2	0.70	16	10	162	0	0	-	-	0	-	-
Wut Ta Ram (10)	1	2.8	4	6	1.6	24	3	0.75	0	10	177	1.9	0	-	-	0	-	-
Non Mong (23)	12	1.3	46	11	1.5	79	3	0.83	28	11	100	42	12	101	29	9	93	26
Nong Rua (18)	15	1.1	21	7	1.1	16	1	1.8	0	18	92	40	0	-	-	0	-	-
Tha Sa La (15)	15	1.5	47	0	-	-	0	-	-	0	-	-	15	82	15	0	-	-
Non Sawan (19)	19	2.1	37	0	-	-	0	-	-	0	-	-	19	97	16	0	-	-

No：各水源を利用している世帯数，Qty：使用量（L/日/世帯），TC：大腸菌群数の平均値（CFU/mL）

位置する Non Mong 集落では，市街地と比較して有意に高い濃度で検出され（ $P<0.05$ ，Mann-Whitney 検定による），その濃度は塩素消毒を行っていない集落水道と同程度であった（ $P>0.05$ ）。この広域水道水の残留塩素が検出限界（ 0.05mg/L ）未満であったことから，配水中に汚染を受けていることが推察される。

広域水道の水道水はろ過後に飲料水として利用されているが，ろ過後の水道水からも大腸菌群が検出されることが多く，その効果は疑わしい。また，Khon Kaen 市における主要な飲料水源であるボトル水からも，大腸菌群が頻繁に検出された。もう一つの飲用水源である雨水も同様に汚染されていたことから，飲用水が水系感染症の主要なリスク要因である可能性が高い。

（2）Nong Rua 市における汚染状況

市街地に位置する Nong Rua 集落の広域水道の水道水からは，他の 2 集落で利用されている集落水道よりも有意に高濃度で大腸菌群が検出された（ $P<0.05$ ）。浄水場の配水池でも大腸菌群が検出された（ 43MPN/ml ）ことから，今後，浄水施設の管理の問題が重要になるであろう。飲用水源である雨水やボトル水は，Khon Kaen 市と同様，衛生学的に安全とは言えなかった。

Tha Sa La 集落（市街地）と Non Sawan 集落（非市街地）は，地理的な条件は異なるものの，飲用水源の雨水，家庭用水源の集落水道ともに，同程度の汚染を受けていた（ $P>0.05$ ）。

3. 3 水系感染症リスク評価

水系感染症のリスク評価のために，飲用水を介して住民が 1 年間に曝露される大腸菌群数を飲用水源別に算出した（図 2）。両市ともに，雨水，ボトル水，水道水をろ過した水の順に利用者の曝露量が多かった。上記の通り，水道水の水質には問題が見られたものの，雨水やボトル水に比べると，浄水器でろ過した水道水を飲用することによるリスクは小さい。

また，両市における平均的な曝露量（加重平均）を比較すると，世帯別の平均収入が高い Khon Kaen 市の住民の方が曝露量は多く，経済的な豊かさが必ずしもよい衛生状況に直結していなかった。

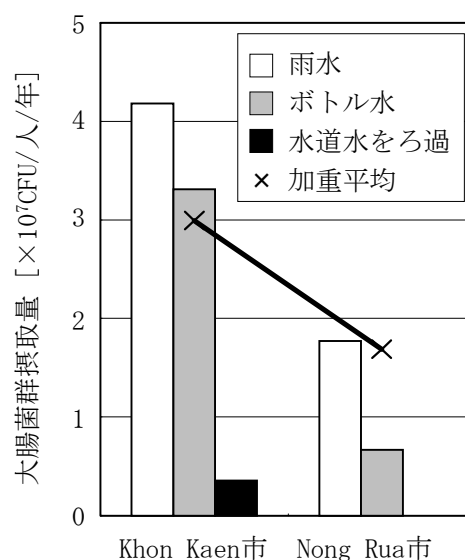


図2 飲用水を介して1年間に摂取する大腸菌群数（加重平均とは，3種類の飲用水を介した摂取量を，それぞれの利用者数で重み付けした平均値であり，両市の住民の平均的な曝露量を表す）

4. おわりに

今後，同様の方法を，ラオスやカンボジア等の他地域にも適用し，リスクの比較を行う予定である。

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」（代表者：大村達夫）によって行われた。

参考文献

- 1) 三浦ら：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，第42巻，451-462，2005