

RUDGS

平成28年度 研究成果報告書

京都大学 研究連携基盤
グローバル生存基盤展開ユニット

熱帯デルタにおける生存基盤条件としての生活水の再検討 —イラワジおよびベンガルデルタにおけるレジオネラ属菌と集落の 自然および生活環境—

Reconsideration of Water for Daily Domestic Use as Existence Condition in Tropical
Deltas: Legionella and Physical & Living Environment of Village Communities in
Ayeyarwady and Bengal Deltas

安藤 和雄¹, 坂本 龍太¹, 大野 章², 浅田 晴久³, 西渕 光明¹
伊藤 雅之¹, 内田 晴夫¹, 赤松 芳郎¹

Kazuo ANDO¹, Ryota SAKAMOTO¹, Akira ONO², Haruhisa ASADA³, Mitsuaki
NISHIBUCHI¹, Masayuki ITO¹, Haruo UCHIDA¹, Yoshio AKAMATSU¹,

¹京都大学 東南アジア地域研究研究所 Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University

²東邦大学 医学部 Faculty of Medicine, Toho University

³奈良女子大学 文学部 Faculty of Letters, Nara Women's University

This study aimed to reconsider water for daily domestic use as existence condition in Tropical Deltas through analysis on *Legionella* and physical & living environment of village communities in Ayeyarwady and Bengal located in Myanmar and Bangladesh as well as Asian developing countries such as Bhutan. According to habitat of *Legionella* in Japan, it is hypothetically considered that *Legionella* commonly exists in living environment of village communities and causes severe pneumonia. Therefore, this study was conducted firstly to learn what is Legionnaires' disease, secondarily to review the references of the legionella studies in tropical area and thirdly to conduct the field work in Myanmar, Bangladesh and Bhutan to collect the water samples and information. The description of the living environment and basic chemical characteristics of sampled water of Myanmar and Bhutan are discussed briefly in this paper. Healthy Environmental lifespan will be finally considered through this study.

Key Words : *Legionella, Myanmar, Bhutan, Water for daily domestic use, Water chemical characteristics, Healthy environmental lifespan*

1. はじめに—目的と意義—

農村集落の保健衛生環境改善はアジアの開発途上国では今なお火急対応が迫られる課題の一つとなっている。下痢などの症状を伴う消化器系の感染症を引き起こす原因となっている飲料・料理・入浴などに利用されている生活用水は特に注目を集めてきた。イラワジやベンガルの熱帯デルタにおいては洪水環境と熱帯モンスーン気候から生活水の質の向上は健康問題に直結し、池や川などの表面水から手押しポンプ、掘りぬき井戸への転換が率先して国際協力・援助事業などにより政府により指導されてきた。一方で、熱帯モンスーン気候下の熱帯デルタは雨季と乾季が明瞭で、農業近代化以降気候が安定する乾季における稲作の拡大が灌漑によって大幅に導入され、生活用水と農業用水は競合関係に置かれるようになってきている。したがって水の確保は人間の健康に必須な「質」、農業生産に必須の「量」の観点から自然環境との関連が近年注目されて来た。特に灌漑稲作の拡大が飲料や生活用水となっている地下水の砒素汚染を引き起こしたとされるベンガル・デルタの事例は、水の「質」と「量」は人間の健康と食糧のというそこで暮らす人々の寿命を支える生存基盤条件となっていることを如実に示している。生活水の「質」と「量」は、暮らしの場所である集落の自然環境の「健康環境寿命」の「劣化度」の指標ともなる。本研究はこのような問題背景をもって計画された。熱帯デルタに立地するバングラデシュやミャンマー他のアジアの開発途上国では多湿な自然環境では肺炎や結核が一般的感染症としても知られ、肺炎は幼児や高齢者にとっては重要な感染症となっている。レジオネラ属菌は生活水を介して重症肺炎を引き起こすが、アジアの開発途上国での調査研究はすすんでおらず、本研究では、両デルタでの生活水におけるレジオネラ属菌の有無と、集落の自然環境や生活様式に関する実態調査を他の科研などの研究と協働することで萌芽的な研究を行い、新しい課題を農村開発における保健衛生問題として提出することを目的とした。生活水におけるレジオネラ菌属の存在の有無を指標として、生業・健康・自然環境を総合的な視点から検討し、グローバル生存基盤展開ユニットのメインテーマである「寿命」について農業技術変化や生活様式の変化などとの関連から「健康環境寿命」という見方を予備的に考察する。

2. 2016年度の活動：研究計画・方法・体制の再考と実施

2016年度は、当所はミャンマーとバングラデシュにおいて、イエジン農業大学、バングラデシュ農業大学及び、現地NGO：DUSとJRDS（バングラデシュ）、FREDA（ミャンマー）、科研などの他プロジェクトとの協働

によりイラワジとベンガルデルタでそれぞれ一週間の生活用水に関する現地調査を他の科研、京都大学全学経費との協働で実施することを予定していたが、バングラデシュにはIS問題の解決が見込めず調査を断念することになった。こうした問題が予想できたこともあり、グローバル生存基盤展開ユニット特別招聘准教授としてRAHMAN, Md. Rashedur氏を2017年1月1日から3月31日の期間招へいし、「熱帯デルタにおける生存基盤条件としての生活用水の再検討」を特に、バングラデシュの塩害やサイクロン、洪水問題に対する生活確保という生活用水以外からの生存基盤条件からの研究を担当してもらうことにした。また、バングラデシュにおける調査が本研究参加メンバーによって困難となったことにより、2016年度には本メンバーによるレジオネラ菌属の有無を検出するための現地での用水のサンプリングと観察調査は、ミャンマーとブータンにおいて8月末から9月中旬において実施した。ブータンを加えたのは本研究メンバーが直接調査できるという観点と健康問題については同国の農村開発における大きな柱となっていること、また、すでに本研究メンバーでレジオネラ菌属の専門家である坂本のメインのフィールドとなっていることから、イラワジやベンガルデルタの調査結果を考察する上での比較対象となることや、本研究において従来総括的に報告されて来っていないアジアの開発途上国のレジオネラ菌属の有無を予備的にまとめておく学術的意義が大きいと判断されたことから、坂本が行っているパプアやブータンでのレジオネラ菌属の予備的研究成果を本研究の一部としている。したがって、2016年度の本研究の活動は、①レジオネラ菌属の生態特性を評価し、②アジア開発途上国での仮説的検証をパプアやブータンの予備的調査結果から考察する、③ミャンマー、ブータン、バングラデシュでの生活用水、農業用水など用水源を確定した水サンプルを現地で行う。④現地のカウンターパート機関である、イエジン農業大学、バングラデシュ農業大学、ブータンのブータン王立大学シェラブッチェ校で水サンプルの基本的な物理・化学特性の分析、の4項目について実施した。坂本がパプア、ブータンで道路などの溜まり水におけるレジオネラ菌属の有無の分析方法は水サンプルをLAMP法や比色計PALSAR法によっている。

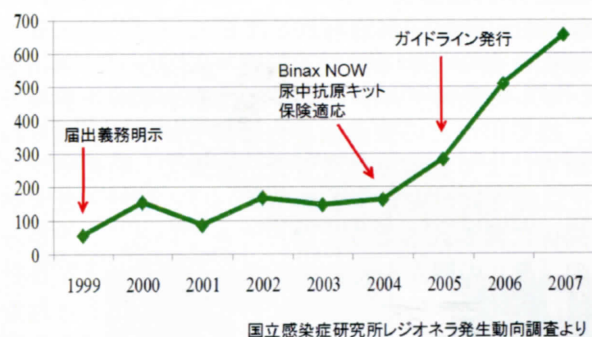
3. 結果と考察

①レジオネラ菌属の生態特性を評価

レジオネラ症 レジオネラ症はレジオネラ菌属による感染症、主に肺炎を伴わない流感様疾患であるポンティアック熱とレジオネラ肺炎の病型がある。レジオネラ肺炎については症状のみで他の肺炎と鑑別することは困難である上、病勢の進行も早いことから、医療機関における診断が遅れ、適切な治療が行われない場合、死亡又は重篤な結果に至る可能性がある。また、「感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律」で「四類感染症」と定められ、患者の氏名、年齢、性別その他厚生労働省令で定める事項を、保健所長を経由して都道府県知事への届け出が日本では義務化されている。

図1 本邦におけるレジオネラ症報告症例数の年次推移

(報告例)



国立感染症研究所レジオネラ発生動向調査より

日本におけるレジオネラ症発症例数 図1に届出義務

務が明示された移行の本邦でのレジオネラ症発生報告の年次変化を示した。近年、日本においても発生報告が増加していることがうかがえる。日本での報告例は少ないが、1991年Ohio州Franklin郡、Summit郡で18歳以上住民を対象に集団ベースのレジオネラ症の発生頻度調査によれば、されているが10万人あたり年間7件であった (Marston, et al. 1994)。この数字から類推すれば、日本では、年間7400件の発生があってもおかしくなく、2006年の報告数と比べてもおおよそ15倍約93%は、診断されていないか、報告されていないということになる。

レジオネラ症の感染源 レジオネラ症はレジオネラ菌属が経気道的吸入あるいは誤嚥などにより肺に侵入し感染を起こすとされ冷却塔や温水供給システムなどが感染源として知られているが、特に、孤発例では、その大部分の感染源は不明である。1999年にヨーロッパで報告された32のOutbreakのうち14は、感染源不明とされている (Joseph 2002)。また、日本においては気象条件 (湿度、降水量) との関連が因子となっているという分析 (表1) (坂本 2008)や1996年以降東邦大学に登録されたレジオネラ症例の発病日の2~14日前の気象情報を、症例の都道府県、気象庁公表のデータベースを元に、対照をレジオネラ症が疑われ検査の結果

表1 都道府県別レジオネラ症報告数 (人口対)と各統計項目との相関関係

項目	Pearson 相関係数	p	因子	Pearson 相関係数	p
◆ 相対湿度	0.390	0.007	喫煙率	-0.230	NS
平均気温	-0.035	NS	県民所得	0.093	NS
最高気温	-0.031	NS	旅行	0.159	NS
最低気温	-0.040	NS	海外旅行	-0.048	NS
平均風速	-0.038	NS	上水道	0.104	NS
◆ 降水量	0.272	0.064	下水道	0.115	NS
日照時間	-0.174	NS	公衆浴場	-0.139	NS
曇量	0.167	NS	◆ 自家用車	0.332	0.023
人口	-0.099	NS	病院	-0.107	NS
人口密度	-0.116	NS	医師	-0.138	NS
老年人口%	0.071	NS	◆ 医薬品	0.326	0.025

分析においても気象条件との相関が高く、道路の水溜りが有力な感染源となっている可能性が示唆されている (Sakamoto 2009, Kanatani 2013, Sakamoto 2015)。本研究では、これを受けて、これまで発症報告がほぼ皆無であるが気象条件的にはレジオネラ症が多く存在することが予想される熱帯地方の開発途上国に焦点を絞り計画を立案した。

②アジア開発途上国での仮説的検証をパプアやブータンの予備的調査結果

表2 LAMP法によるパプア生活水からのレジオネラ属菌の検出

場所	試料	標本数	陽性数	陽性率 (%)
パプア		48	28	58.3
	井戸	24	13	54.2
	水道水	13	7	53.8
	雨水	5	4	80.0
	川	5	3	60.0
	水たまり	1	1	100.0
日本	* 給湯設備	40	6	15.0
	** 浴槽水	100	71	71.0

*井上浩章ら LAMP法 PCR法を用いた浴槽水 レジオネラ属菌の迅速検査に関する調査研究
防衛防衛 2004; 32: 481-487

**土井均ら 環境微生物に関する調査研究

パプアの事例 坂本の予備的な調査によれば、パプアにおいてはかなりの頻度で生活用水や雨水、河川に存在していることが知られる。

ブータンの予備的分析事例 2016年8月末から9月にかけてブータンの路上六ヶ所の水たまりからサンプルを採取し、比色系 PALSAR法 (レジオネラ属菌の16S rRNAをターゲットとするレジオネラ属菌迅速検出キット: 株式会社ファスマック、神奈川、日本) を用いてレジオネラ属菌の有無を調べた結果、六ヶ所全ての検体でレジオネラ属菌が陽性であった (ヒマラヤ学誌2017)。

この二つの事例から指摘できるのは、レジオネラ菌は熱帯地方の身近な生活環境において常在する菌属である可能性が高いということになる。

③ミャンマー、ブータン、バングラデシュでの生活用水、農業用水など水源を確定した水サンプル採集の現地調査

上記の坂本の研究成果を基づき本研究では、水源や利用形態の改良を視野に入れるために、地域研究的な視点から総合的に検討するために現地調査でのサンプリングにも生活面と、農業の

生業面においてその地域の代表性を考慮した。8月末から9月中旬にかけてミャンマーにおいては、イラワジデルタ先端、マングローブ地帯に立地するPyapon郡のNGOのFREDAのプロジェクトエリアのTei Pin Seik村と、ビルマ中央平原で半乾燥地帯に立地するHten Kan Gyi村を中心に表3のように12箇所から水採集を行った。両村とも、雨季には屋根から雨水を大きな土製の水瓶 (写真1) や、コンクリートでつくられた水瓶 (写真2) に溜め、それを飲料用水や調理などに順次使っていく。乾季には現在では、外から飲料用水を購入している。Tei Pin Sei村にも自噴水として地下水を大きなコンクリート製のタンクにため生活用水に使っているが、舐めただけでも塩からく、とても飲料用には使えないとされている。それは、Hten Kan Gyi村でも同様で、自噴水で得られる地下水はもっぱら食器などを洗ったりする目的で使われている (写真3)。いずれの村も水田には塩害がでることで知られている。Tei Pin Sei村は、2008年5月に襲来したサイクロンNargisによる高潮で水田に海水が浸入し、かつ、マングローブ地帯であることから塩による土壌汚染が顕著である。Hten Kan Gyi村は1990年3月20日から放水が始まったKindaダムにより乾季の灌漑稲作田が村に拡大した。その結果、近年、土壌への塩の集積が顕著となり、栽培放棄田も多くみられるようになった。この二つの村の水サンプルの場所等は表2にそして、その化学特性は表3に示されている。カウンターパートが農業大学関係者であることから化学特性は塩類土壌に対する分析方法が用いられている。塩類土壌の特性については、パキスタンの乾燥地から半乾燥地で灌漑により起きた土壌塩害のレビューによれば、問題土壌は塩類土壌、ナトリウム土壌およびそれらの複合した塩類ナトリウム土壌の3種類のタイプで、塩類土壌は土壌の水飽和抽出液の電気伝導度electric conductivity (EC) が4mS/cm (25℃) 以上の土壌をいう。このEC値は一般の土壌の10~100倍に相当する。ナトリウム土壌は交換性陽イオンの15%以上をナトリウムイオンが占める土壌でESP (交換性ナトリウムの割合) で評価される。乾燥地農業では灌漑水の水質により塩類集積は加速される。灌漑水の判定には電気伝導度 (EC) とナトリウム吸着比sodium adsorption ratio (SAR) を組み合わせた方法が用いられる。SARは各イオンの単位をmg当量/Lで表し、 $Na/\sqrt{(Ca+Mg)/2}$ により算出される (日本財団図書館のWebより)。ECやSARの値からは、Tei Pin Seik村のクリーク (川) やHten Kan Gyi村の自噴水の塩類濃度が非常に高いことがわかる。また、クリマツテック株式会社の伝導率単換算ツールのWebページ (<http://www.weather.co.jp/tools/ec.html>, 2017年2月26日アクセス) によれば、純水の伝導率 (25℃) は0.001 dS/m、水道水0.1~0.0 dS/m、ジュース2~ dS/m、海水50 dS/mと目安が示されている。この目安からするといずれの村でも飲料水についてはほぼ水道水の基準値にはあるが、クリークと自噴水はFAO灌漑水の基準のSARを大きく上回る値となっている。また、表4にはブータンでの水サンプリングの化学特性が示されているが、TDS (Total Dissolved Solid: 総溶解不純物濃度) は日本の水道の平均50-200ppm (TSSアクアWebページ<http://www.tss-group.net/products/aqua05.pdf>より) 以内であり、ECも範囲内であった。

2017年度の活動予定

ミャンマーからの水サンプルに対してレジオネラ属菌の分析は2016年度には実施できなかったが、RAHMAN氏の採集した水サンプルとともに、2017年度にレジオネラ属菌の有無、化学特性やサンプル時の水温などから分析を試みる。そして、現地の生活用水の確保や利用方法、生業や生活パターン、洪水環境や降雨パターン

ン、農村開発事業と保健衛生問題に関する情報をできる限り現地で収集し、こうしたデータとレジオネラ症の発症に関して総合的な考察を行う。そして、調査地の「健康環境寿命」について議論を深めてみたい。

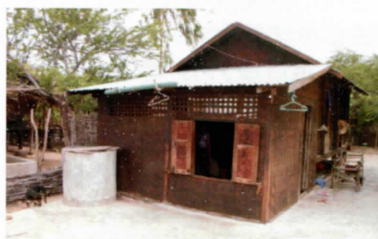


写真1 土の水瓶

写真2 コンクリートの水瓶

表3 ミャンマーにおける水サンプルの採集場所

Sample No	Sampling date yyyy/mm/dd time(24h)	Location	GPS Location (GPMap 60CSx(GARMIN))	Temp (C)	Water Temp(C)	note
1	2016/8/27 10:20	Tei Pin Seik, Rainfall(latest water)	N15° 48'22.0" E95° 24'16.6"	29.5	26	sampled from ceramic pot placed under house eaves
2	2016/8/27 10:30	Tei Pin Seik, Rainfall(one month before, oldest)	N15° 48'22.0" E95° 24'16.6"	27	31	sampled from ceramic pot placed under house eaves
3	2016/8/27 12:25	Tei Pin Seik, drinking water pond	N15° 48'18.7" E95° 23'53.6"	30.5	32.5	pond was created after cyclone Nargis
4	2016/8/27 12:40	Tei Pin Seik, Paddy field(un-cultivated)	N15° 48'18.7" E95° 23'53.6"	30.5	33.5	water buffalo was bathing, one house located on fieldside
5	2016/8/27 13:52	Tei Pin Seik, river water	N15° 48'22.2" E95° 24'18.9"	27.5	28.5	sampled at jetty
6	2016/8/31 11:05	Yamethin, pool at backyard of agriculture office(shady rainfall water)	N20° 25'16.3" E96° 08'33.3"	28	28	water depth: 26.5cm
7	2016/8/31 13:58	Meikhta lake, western lakeside	N20° 52'38.2" E95° 51'13.9"	32	31	lake bank
8	2016/9/1 10:33	Hten Kan Gyi, rainfall water	N21° 14'27.4" E96° 08'46.1"	31.3	28.5	sampled from concrete tank placed under house eaves
9	2016/9/1 10:56	Hten Kan Gyi, shallow water(tuber)	N21° 14'27.4" E96° 08'46.1"	31	31	moisture: 56%
10	2016/9/1 15:30	Hten Kan Gyi, Paddy field (before planting)	N21° 14'08.1" E96° 09'19.1"	31	31	water depth: 20cm
11	2016/9/1 12:02	Hten Kan Gyi, Paddy field (planted)	N21° 14'15.2" E96° 08'58.6"	31	31	water depth: 5cm
12	2016/9/1 17:30	Main canal from Kinda dam at Hten Kan Gyi	N21° 14'40.4" E96° 09'32.8"	31	30	canal bank

表5 ブータンの水サンプルの場所と化学特性

Sample No	Date and time of sample collection	Sample Location	Water depth (cm)	Temperature (°C)	Humidity (%)	pH	Conductivity (us/cm)	Total Dissolved Solid (TDS) (ppm)
0	8/9/2016 (8:30pm)	Radhi Farm Tap Water	-	30	49	7.23	34.9	21.1
1	8/9/2016 (1:55pm)	Radhi Rice Field	3-5	28.5	61	6.78	82.8	69.0
2	8/9/2016 (4:10pm)	Bartsham RNR Office Water Pipe	-	21.5	54	7.34	74.2	47.3
3	8/9/2016(5:00pm)	Batsham Rice Field	-	23	73	5.95	30.3	19.2
4	9/9/2016 (8:20am)	Yonphula Tap Spring Water	-	19.5	72	6.16	59.9	38.1
5	9/9/2016 ()	Thragom Rice Field	-	21.5	76	6.48	98.3	62.5
6	9/9/2016	Shenubte College Water (Spring)	-	18.5	72	7.14	90.9	57.8
		Instrument used.				Digital pH meter MK-VI, calibrated using MERCK Buffer capsules (pH 7.0±0.05)	Digital conductivity meter 641	Digital TDS meter 641.

表4 ミャンマーの水サンプルの化学特性

Sr.No	pH	EC(dS/m)	Ca(ppm)	Mg(ppm)	Na(ppm)	SAR
1	7.8	0.03	5	0.07	14.8	1.8
2	8.7	0.02	4.9	0.04	0.8	0.1
3	6.4	0.11	5.8	1.8	5.7	0.5
4	6.4	1.25	11.3	10.8	172.4	8.8
5	6.4	3.25	23.6	31.6	523.5	16.5
6	6.6	0.28	22.7	7.9	16.8	0.8
7	7	1.04	15.3	7	170.3	9
8	7.5	0.1	11.7	0.4	15.5	1.2
9	8.5	1.7	6.1	0.8	394.7	39.8
10	7.8	0.48	75.5	12.4	16.3	0.5
11	7.9	0.62	37.3	11	83.9	3.1
12	8.1	0.31	41	9	1.5	0.1
Usal Range in Irrigation Water(F AO)	6.0-8.5	0.75-3.0	0-401	0-60.75	0-920	0-15

注) pH,pH meter(F-51,HORIBA), EC,Conductivity meter(DS-51,HORIBA) Na,Ca,Mg,Atomic Absorption Spectrophotometer NovaAA400

参考文献

- 1) Marston BJ, et al. Surveillance for Legionnaires' disease. Risk factors for morbidity and mortality. Arch Intern Med 1994;154:2417-2422
- 2) Joseph C. 2002. Surveillance of Legionnaires' Disease in Europe, p 311-317. In Marre R, et al. (ed), Legionella. ASM Press, Washington, DC.
- 3) 日本財団図書館「水をめぐる 21世紀の危機—アジア人口を焦点として—」
https://nippon.zaidan.info/seikabutsu/1997/00490/contents/038.htm(2017年2月26日アクセス)
- 4) 坂本龍太ら。 レジオネラ症の隠れた感染経路、自動車の運転や雨天は危険因子か？ 病原微生物検出情報 2008; 29: 331-332.
- 5) Sakamoto R, et al. Legionella pneumophila in rainwater on roads. Emerging Infectious Diseases 2009; 15: 1295-1297.
- 6) Kanatani J, et al. Close genetic relationship between Legionella pneumophila serogroup 1 isolates from sputum specimens and puddles on roads, as determined by sequence-based typing. Applied and Environmental Microbiology 2013; 79: 3959-3966.
- 7) Sakamoto R. Legionnaire's disease, weather and climate. Bulletin of the World Health Organization 2015; 93: 435-436.

グローバル生存基盤展開ユニット 平成 28 年度 研究成果報告書

平成 29 年 3 月 発行

発行所 京都大学研究連携基盤グローバル生存基盤展開ユニット
〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄
電話 0774-38-4936
FAX 0774-38-3369
URL <http://iss.iae.kyoto-u.ac.jp/rudgs/>

印刷所 有限会社 レイ・プリンティング
〒602-8497 京都市上京区戌亥町 121 番地
電話 075-417-5251