

マレーシアの水環境調査と私の留学経験

堀部 有希*、Nur Ain Binti Mohd Zainuddin**、Ain Zainuddin**、Nur Hashimah Alias**、
Siti Wahidah Binti Puasa**、Siti Noor Suzihaque**、野本 直樹*

Malaysian Water Environment Survey and My Study Abroad Experience

Yuki Horibe, Nur Ain Binti Mohd Zainuddin, Ain Zainuddin, Nur Hashimah Alias,
Siti Wahidah Binti Puasa, Siti Noor Suzihaque, Naoki Nomoto

Abstract : In this study, it was investigated the water environment in an emerging country and compared and discussed the differences with Japan. The study was conducted at the Universiti Teknologi Mara in Selangor, Malaysia. The samples were tap water, river water, and leachate from a landfill site in Malaysia. The results showed that tap water quality was better in Japan than in Malaysia. Although some of the Malaysian tap water quality items did not meet the standard values, most of the items met the standard values. The water quality of Japanese rivers was also better than that of Malaysian rivers. On the other hand, a comparison of the Edo river, an urban river in Japan, and Malaysian rivers showed similar values, suggesting that urban areas in Japan and Malaysian rivers are at the same level of pollution. Through my study abroad experience, I have learned to think from many perspectives and not be bound by one set of values when considering things. Also, thanks to the warmth and hospitality of the Malaysian people, I was able to enjoy my life in Malaysia.

Key words : water quality, tap water, river water, Malaysia, study abroad

1. はじめに

水は私たちの生活にとって不可欠であり、その品質は健康、社会経済、環境に大きな影響を与える。水道システムは飲料水や生活用水、産業用水など幅広い目的に供給され、多くの人々が利益を受けている¹⁾。

世界を見渡すと、上水の普及率は上昇してきているものの、水道水を飲料として利用できる国は限られている²⁾。さらに、下排水処理については、普及率が依然として低い地域が残されている³⁾。

近年急速な発展を遂げ、先進国の仲間入りを目指している国の一つとして、マレーシアがあげられる。マレーシアは経済成長を促進するために、民間主導の経済構築や革新的な成長の支援、商業における政府の役割の最適化、中小企業の育成支援、そして世界クラスのインフラ整備などの取り組み³⁾を進めている。マレーシアが経済構築や中小企業支援に注力する一方で、水質改善への投資や環境への配慮も検討されている。

新興国であるマレーシアの取り組みは、その後を追う発展途

上国にも示唆を与えるものであり、その動向を調査することは世界の今後の水環境を占ううえで重要であると考えた。そこで本研究では、新興国の水環境について調査し、先進国である日本との違いについて比較考察した。

2. マレーシアについて

マレーシアの正式名称は「マレーシア連邦」である。マレーシアの人口は2024年時点で約3,431万人⁴⁾であり、そのうち70%以上がマレー系(先住民の15%を含む)であり、中華系が約23%、インド系が約7%となっている。言語はマレー語を始めとし、中国語やタミール語、英語と複数の言語が使用されている。宗教においても、イスラム教、仏教、キリスト教、ヒンドゥー教、儒教・道教など多様な信仰が存在している。通貨単位はリンギット(RM)で、1RMは約31.4円⁵⁾となっている。マレーシアの国土面積は、2022年時点で約33万km²である⁶⁾。この国には多くの川、湖、海が広がり、水質管理は極めて重要な問題である。しかしながら、近年の急激な都市化や産業の成長に対して、排水処理施設の普及が追い付いていない。その結果、産業排水や生活排水が川や海に流れ込むことで水質汚染が増加しており、水生生物や飲料水の安全性に大きな影響を及ぼしている⁶⁾。

(2024年1月22日受理)

責任著者：野本 直樹

*宇宙工業高等専門学校 物質工学科

**Universiti Teknologi MARA

表1 日本とマレーシアの水道水の水質

測定項目	単位	日本		マレーシア	
		山口県萩市	基準値 ⁽⁹⁾	セランゴール	基準値 ⁽¹⁰⁾
pH	-	6.8	5.8-8.6	7.5	6.5-8.5
COD	mg/L	測定下限値 (3) 以下	-	7	10
SS	mg/L	測定下限値 (5) 以下	2 以下	17	25
NH ₃ -N	mg/L	測定下限値 (0.02) 以下	-	測定下限値以下	0.1
Color	ADMI	測定下限値 (5) 以下	2 以下	92	25

表2 日本とマレーシアの水道水質の既往調査の結果

測定項目	測定時期	小郡上郷 ⁽¹¹⁾	吉敷 ⁽¹²⁾	バンドル大学 ⁽¹³⁾	ペトロナス工科大学 ⁽¹³⁾
		年	2020	2020	2015
pH	-	7.43	6.46	8.06	7.3
COD	mg/L	-	-	-	-
SS	mg/L	0.05 未満	0.05 未満	3.01	1.1
NH ₃ -N	mg/L	0.02 未満	0.02 未満	-	-
Color	ADMI	0.5 未満	0.5 未満	-	-

例えば、約100年前、マレーシアでは伝統的な産業のひとつである錫鉱山の開発が行われ、その結果、鉱山からの汚水や汚泥による河川汚染が始まった。その後、もうひとつの伝統産業であるパーム油の生産が増加し、これらの工場からの排水によって河川や海の汚染が進行した⁷⁾。1960年代後半以降、外国からの投資による工業化が急速に進み、それに伴い、1970年代以降、工場排水や廃棄物による公害問題が顕在化した。

河川水の汚染源となった工場の多くはクラン川流域に位置しており、この地域が水質汚染の中心となっている⁷⁾。クラン川はマレーシアの中央部に位置し、全長約120km、流域面積約1,288km²と国内で2番目に大きな川である。源流は標高1,200mの山地にあり、11の主要支流を持っている。ただし、有機汚染物質と懸濁物質の濃度が高い傾向が見られ、具体的な汚染の程度は近年のデータ不足から正確には把握されていない⁸⁾。

マレーシア政府は第10次マレーシア計画において、103億リングギットを投じ227か所の小規模な下水処理プラントを統廃合した。同時に56億リングギットを用い、クアラルンプールやペナンなどの都市部の下水処理施設の改善が行われた。また、下水処理場におけるスラッジ発生量削減のため、かつて使用されていた塩化鉄から高分子凝集剤への切り替えが行われ、良好な成果が得られた⁹⁾。都市部の水道普及率は95.5%と非常に高い一方、農村部ではクランタン、サバ、サラワクの3州において普及が遅れている。マレーシア全体の家庭の一日当たりの水道使用量も州によって異なり、セランゴール州が最も多い約178億リットルとされている⁹⁾。

3. 調査方法

日本とマレーシアで水試料を採取し、水質を分析して比較評価した。日本の水試料は、2022年8月19日に萩市の3地点において採水した。マレーシアの水試料は、2022年9月14日~16日にセランゴール州内の水道水、河川、工場、浸出水など計4地点で採水した。

水質分析について、水温とpHについてはデジタルpHメーター(METTLER TOLEDO、FE20)、化学的酸素要求量(COD_C)、浮遊物質(Suspended Solid; SS)、アンモニア性窒素(NH₃-N)、色度(Color)については分光光度計(HACH、DR6000)を用いて測定した。

4. 結果と考察

4.1 水道水質

表1に山口県とマレーシアの水道水の水質を示す。あわせて、表2に既往の調査結果を示す。表1より、マレーシアについては、色度が基準値を超過しているものの、他の項目は基準値を満たしていた。一方、日本とマレーシアの水道水質を比較すると、いずれの項目も日本の水道水の方が値が低かった。表2からも、今回調査した試料のみではなく、日本の方がマレーシアよりも水道水質が良好であることが確認できる。4.2項の表3で後述するように、水源となる河川の水質が日本の方が良好であることや、浄水処理の方法に起因していると考えられる。アンモニウムイオンのような溶解性物質については両試料間で差異がなく、COD、SS、色度のような懸濁物質も関与するような項目が高くなっていることから、緩速ろ過の滞留時間や薬品注入量に差異がある可能性がある。

和文標題：宇部工業高等専門学校（和文著者名：高専花子）

表3 河川の水質調査の結果と各国の環境基準

測定項目	単位	日本			マレーシア	
		橋本川	三見川	基準値 ¹⁸⁾	セランゴール	基準値 ¹⁰⁾
pH	-	6.7	7	6.5-8.5	7	6-9
COD	mg/L	5	1	3	19	25
SS	mg/L	6	1	-	17	50
NH ₃ -N	mg/L	測定下限値以下	0.5	0.5	3.5	0.3
Color	ADMI	13	0.3	15	14	150

表4 日本とマレーシアの河川水質の既往調査の結果

測定項目	単位	厚東川 (山口) ¹⁹⁾	江戸川 (東京) ²⁰⁾	吉野川 (徳島) ²¹⁾	浜田川 (千葉) ²²⁾	Pantai River ¹⁰⁾	Semenyih River ¹⁰⁾	Skudai River ²³⁾	Liwagu River ²⁴⁾
測定時期	年	2021	2022	2010	2020	2018	2018	2015	2013
pH	-	7.7	7.6	7.3	6.7	-	-	6.4	8.2
COD	mg/L	-	3.4*	1.4*	6.1*	14	36	5	4.8
SS	mg/L	3.1	25	2.9	4.8	20	35	33	3.4
NH ₃ -N	mg/L	-	1.3	0.8	0.9	2.5	0.5	7.1	0.1
Color	ADMI	6	20	-	-	-	-	-	-

※CODについて、日本の文献値はCOD_{Mn}

表5 浸出水の水質

測定項目	単位	マレーシアI (本研究)*	マレーシア II ²⁵⁾ **	マレーシア の基準値 ¹⁰⁾ **	日本 ²⁶⁾ **	ネパール ²⁷⁾ **	トルコ ²⁸⁾ **
測定時期	年	2022	2013	-	2007	2018	2004
pH	-	7.01	7.60	5.0-9.0	-	8.10	7.89
COD	mg/L	600	828	100	-	5,700	1,760
SS	mg/L	100	-	300	1	512	670
NH ₃ -N	mg/L	50.0	-	2.70	0.5	7.80	-
Color	ADMI	700	-	-	-	16,500	-

※浸出水処理水 ※※浸出水原水

一般的に、日本の水道水質は良好であり、飲用として利用できる世界でも数少ない地域として認識されている。日本とマレーシアの水道水質の差について、上述したような浄水工程の違いだけではなく、塩素濃度と水道管の老朽化とも関係していると考えられる。飲料水としての塩素濃度の適正範囲は0.2~1.0 mg/L¹⁴⁾とされており、日本の塩素濃度は0.6 mg/L¹⁵⁾以下であるのに対しマレーシアの塩素濃度は0.2-5.0 mg/L¹⁶⁾である。つまり、マレーシアの水道水は飲料水に適さない場合がある。また、錆付いた水道管も問題視されている。水道管の錆が剥離して、水道水が濁ることもある。近年はパイプの老朽化による水漏れが発生しており1兆9,940億リットル¹⁷⁾の水が失われてい

る。一方、老朽化している4万km余りの水道管をすべて交換するためには20年の歳月と数十億リングの莫大なコストがかかるため、全ての水道管を変えることは極めて困難である。

4.2 河川水質

表3に河川の水質の測定結果および、各国の環境基準を示す。表4に、日本とマレーシアの既往の河川の水質の調査結果を示す。表3より、橋本川、三見川、マレーシアセランゴール州の川は、今回測定した項目についてはいずれも各国の基準値を満たしていた。表3、4より、日本の河川の方がマレーシアの河川よりも、水質が良好であった。しかし、日本の都市部の河川である江戸川とマレーシアの河川を比較すると同様の値を示したことから、日本の都市部とマレーシアの河川は同程度

の汚染状況であると考えられる。

4.3 浸出水

表5に、本研究で調査した最終処分場浸出水、マレーシアの放流基準、浸出水の文献値を示す。COD、アンモニア性窒素については基準値を超過しており、十分に処理できていないことが確認された。ネパールの文献値は原水であるが、ほぼ未処理のまま放流されていることから、放流水の水質も大差がないと予想される。これと比べると、基準値は満たしていないものの、ある程度の処理はできているとも考えられる。

5. マレーシアに留学して学んだこと、感じたこと

初めての留学は私の将来の選択肢を大幅に広げてくれるものであった。例えば、現地では異なる文化や価値観、言語に触れることができ、これが私の視野を広げるきっかけとなり、これまで以上に多くの事に興味を示すようになった。今は所属している学科の専門科目である化学や生物だけでなく、プログラミングや経営など幅広い専門知識を学んでいる。言語においても、英語にとどまらず、中国語やマレー語にも興味を示し、積極的に学習している。

留学を経験して特に感じたことは、相手に感謝の気持ちを忘れず、議論では積極的に考えを発言することの大切さである。これによりコミュニケーション力の向上や慣れない環境でも楽しめる適応能力を身に付けるなど、精神共に大いに成長でき自信にもつながった。常に英語を話すことのできる環境に恵まれ、リスニング力はもちろん、スピーキング力も留学前と比べかなり向上したように感じている。

マレーシアは多民族国家であるため多様な文化、言語、宗教が存在していた。1日5回のお祈りや断食など、日本では目にしない光景がありとても新鮮であった。また、独立記念日にて様々な信者と会話するうえで信仰する宗教の神様の教えを大事にしている人が多く自国愛が強いことに気づいた。1つの議論に対しても、神の教えを基に議論するなど宗教に合わせた考えや、固定観念にとらわれない個性的な考えを持つ人がいた。それ故に、物事を考える際に一つの価値観に縛られず、多くの観点から考えることができるようになった。また、マレーシア人の暖かさやおもてなしの心のおかげで楽しく生活することができた。

謝辞

本調査にご協力くださいましたマラ工科大学の関係者に深くお礼申し上げます。本調査はトビタテ！留学ジャパン日本代表プログラムの支援により遂行しました。ここに記して謝辞と致します。

参考文献

- 1) 真柄泰基, 上水道における高度処理技術の現状と展望, 環境技術, 17(9), 552 頁-557 頁, 1988.
- 2) P.M.Santos, Does 91% of the world's population really have sustainable access to safe drinking water?, International Journal of Water Resources Development, 1 頁-13 頁, 2017.
- 3) 伊藤優一, 北村隆光, 古米弘明, 下水道事業におけるグリーンインフラ活用の現状と課題に関する考察, 下水道協会誌, 58(707), 64 頁-76 頁, 2021.
- 4) PopulationPyramid.net, 2023 年, 人口:マレーシア, 閲覧日 2023/12/21, <https://www.populationpyramid.net/ja/%E3%83%9E%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%82%A2/2024/>.
- 5) 谷口友季子, 2020 年のマレーシア選挙なき政権交代を実現するも前途多難な新政権, アジア動向年報 2021 年版, 315 頁-340 頁, 2021.
- 6) JETRO, ASEAN 水関連計画 (タイ・ベトナム・インドネシア・マレーシア) 市場動向調査, 105 頁-114 頁, JETRO, 2017.
- 7) Y.DianTan, J.Shiun Lim, Feasibility of palm oil mill effluent elimination towards sustainable Malaysian palm oil industry, 111, 507 頁-522 頁, 2019.
- 8) 川崎秀明, マレーシアにおける首都圏整備及び首都機能移転の現状, 土木技術資料, 16 頁-19 頁, 2008.
- 9) 厚生労働省, 2020 年, 水質基準項目と基準, 閲覧日 2023/12/22, <https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html>.
- 10) H.Gafri, F.M. Zuki, F.M.Zeeda, N.Affan, A.H. Sulaiman, S.Norasiah, "A Study on Water Quality Status of Varsity Lake And 1 Pantai river Anak Air Batu River in Um Kuala Lumpur 2 Malaysia And Classify it Based on WQI Malaysia", International Journal of Environmental Quality, 29, 54 頁-63 頁, 2018.
- 11) 山口市上下水道局, 2022 年, 水質検査結果 (山口市水道事業) 小郡上郷, 閲覧日 2023/12/23, <https://water-city-yamaguchi.com/user/quality-result/>.
- 12) 山口市上下水道局, 2022 年, 水質検査結果 (山口市水道事業) 吉敷, 閲覧日 2023/12/23, <https://water-city-yamaguchi.com/user/quality-result/>.
- 13) N. Rahmanian, H. Bt Ali, M.Homayoonfard, N. J. Ali, M.Rehan, Y.Sadef, Abdul Sattar Nizami, Analysis of Physiochemical Parameters to Evaluate the Drinking Water Quality in the State of Perak Malaysia", journal of Chemistry, 2015, 6 頁, 2015.
- 14) World Health Organization, 2003, Chlorine in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, 閲覧日 2023/12/23, <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/350935/WHO-HEP-ECH-WSH-2021.7-eng.pdf?sequence=1>.
- 15) 宇部市水道局, 2023 年, 水質検査計画, 閲覧日 2023/12/24, <https://ubesuido.jp/pages/103/>.
- 16) Air Selangor, 2023 年, Water quality, 閲覧日 2023/12/24, <https://www.airselangor.com/waterquality/>.
- 17) J. M.A.Alkassseh, M. Nordin Adlan, Applying Minimum Night Flow to Estimate Water Loss Using Statistical Modeling: A Case Study in Kinta Valley, Malaysia, Water Resources Management, 27, 1439 頁-1455 頁, 2013.
- 18) 安藤政義, 水質水源としての琵琶湖, 水質汚濁研究, 7(5), 278 頁-280 頁, 1984.
- 19) 宇部市水道局, 2023 年, 水質検査計画, 閲覧日 2023/12/24, <https://ubesuido.jp/files/libs/5063/202303131052422526.pdf>.
- 20) 東京都環境局, 公共用水域水質測定結果, 2022, 閲覧日 2023/12/24, https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/water/tokyo_bay/measurments/measurements/400300a20230920132434311.html.

和文標題：宇部工業高等専門学校（和文著者名：高専花子）

- 21) 織田まゆみ,高島京子,岩佐智佳,藤本直美,出羽達也,GEMS/Water に係る吉野川高瀬橋における水質調査について,徳保環セ年報,28, 63 頁,2010.
- 22) 石川裕一郎,岩田杉夫,森下一行,牧野稚佳,牧原秀明,丸山貴之,鈴木全,浜田川の水質変動と降雨時の汚濁負荷の調査結果について,愛知県環境調査センター所報,(47), 30 頁,2020.
- 23) I. Naubi, N.Hassan Zardari, S.Moniruzzaman Shirazi, N.F. Binti Ibrahim, L.Baloo, Effectiveness of Water Quality Index for Monitoring Malaysian River Water Quality, 25(1), 3 頁, 2016.
- 24) Fera Nony Cleophas, Feona Isidore, Lee Ka Han and Kawi Bidin, Water quality status of Liwagu River Tambunan Sabah Malaysia, Waterquality status of Liwagu River, Tambunan, Sabah, Malaysia,ResearchGate, 70 頁-71 頁, 2013.
- 25) M. Hussein, K.Yoneda, Z.Mohd. Zaki, N.Azizi Othman, A.Amir, "Leachate characterizations and pollution indices of active and closed unlined landfills in Malaysia," Environmental Nanotechnology Monitoring & Management, (12), 4 頁, 2019.
- 26) M.Anuar Kamaruddin, M.suffian Yusoff, L.M.Rui, A.Md Isa, M.Hafiz Zawawi, Rasyidah Alrozi, "An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives", Environmental Science and Pollution Research, 24, 16 頁-17 頁, 2017.
- 27) 野本直樹, 多川正, 荒木信夫, 大久保努, 上村繁樹, ネパールカトマンズの最終処分場浸出水の水質とその管理の展望, 用水と廃水, 61(9), 651 頁, 2019.
- 28) E.durmusoglu, C.yilmaz, "Evaluation and Temporal Variation of Raw and Pre-treated Leachate Quality from an Active Solid Waste Landfill," Water, Air, & Soil Pollution, 171, 365 頁, 2006.