

開発途上国における都市排水マネジメントと技術適用に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：材料資源研究グループ（リサイクル）

研究担当者：内田勉、諏訪守、日高平、桜井健介

【要旨】

新興国を中心に、急速な経済成長により工場排水や生活排水の河川、湖沼等への放流に伴い、著しい水質汚濁とそれに伴う利水障害、生態系の破壊など深刻な影響が生じている。また、昨今、人口増加による水資源の逼迫に伴う高度な水の再利用、地球温暖化対策に配慮した下水汚泥等を有効利用した省エネルギー対策が求められつつある。さらに、京都メカニズムによる温室効果ガス排出削減枠の移転等の要請も高まっている。我が国では、こうした状況に対応しうる優れた公害対策の経験や汚水処理、汚泥有効利用技術等を保有しており、海外の多くの開発途上国から支援要請があるものの、開発途上国では気候風土、生活様式、経済状況、水資源の逼迫状況等が異なっており、我が国における下水道に関する考え方や技術がそのまま適用できない可能性がある。

本研究では、変化する社会的要請や処理水の各種用途への再利用、下水汚泥等の副産物の有効利用や水・汚泥処理の省エネルギー化による地球温暖化対策への寄与が可能な開発途上国向けの水・汚泥処理技術の現地適用手法を開発するものである。

本研究は、平成 23～27 年度にかけ、①途上国の地域要件を踏まえた水・汚泥処理技術の適用性の分類、②水・汚泥処理技術の現地適用手法の開発、③都市排水マネジメント方策の提示、の各項目を達成目標に掲げ実施するものである。

23年度は、上記①に関して、マレーシア国を対象に下水・汚泥処理に関わる地域要件や都市排水に対する社会的要請について現地調査を実施し、適用技術に対する課題、留意点等を整理した。

その結果、処理水の再利用では、心理的な抵抗により需要も明確ではなかった。下水汚泥の有効利用と減量化では、輸入燃料の依存を減らすため炭化燃料化の活用が期待でき、埋め立て処分に代わる焼却方式の提案が必要であると考えられた。省エネルギー型水処理では、現地での適用事例が少ないため、現地の要求性能を踏まえた適用性の評価が必要であると考えられた。汚泥消化ガスの活用に関しては、汚泥消化槽の温度管理、硫化水素対策等が課題であった。

キーワード：開発途上国、都市排水マネジメント、水・汚泥処理技術、排水の再利用、温室効果ガス対策

1. はじめに

近年、開発途上国等の都市排水処理において、従来の河川、湖沼汚濁などの問題に加え、人口急増による水資源の逼迫に伴い排水の再利用、地球温暖化対策に配慮した温室効果ガス排出抑制などが求められている。我が国の保有する公害対策の経験や水・汚泥処理技術を活用し、新たな課題に対応が可能な都市排水マネジメントが必要であると考えられるが、気候風土や生活様式、経済状況等が異なることもあり、それらの経験や技術をそのまま適用できない可能性がある。

このため、開発途上国の地域要件を踏まえた水・汚泥処理技術の適用性を分類し、現地適用手法を開発することで、都市排水マネジメント方策の提案が必要である。

本研究では上記の要請を踏まえ、従来の開発途上国向け都市排水マネジメントガイドラインに新たに追加すべき視点として、多様な用途への再生水利用、下水汚泥処

理の適正化・処理プロセスの省エネルギー化、下水汚泥エネルギー活用などの項目を加え、新たな都市排水マネジメントの方策を提案するものである。

23年度は本研究課題の初年度にあたるため、途上国の地域要件を踏まえた水・汚泥処理技術の適用性の分類として、下記の 3 項目についてマレーシア国を対象に、現地調査および関係者からのヒアリング等を実施した。

- 1) 下水処理水の再利用の現状
- 2) 汚泥処理技術
- 3) 温室効果ガス対策

2. マレーシア国の下水道事業

マレーシア国の下水道事業は、各組織で役割が明確化されており、政策業務では水セクター政策局、プロジェクトの立案・実施は下水道局、規制業務は国家水サービス

委員会、運転維持管理は国営下水道管理会社が各々担っており、組織・体系的な運営が行われていると考えられる。また、2009年の国家グリーンテクノロジー政策の中で、下水道事業においても「下水処理水の再利用」や「汚泥固形物の活用」、「温室効果ガス対策」などが大きな課題として挙げられており、課題に対する共通認識のもと、技術協力の面で効果的な成果が期待されると考えられることからマレーシア国を調査対象として選定した。

現地調査では、エネルギー・グリーンテクノロジー・水省、国家水サービス委員会、国営下水道管理会社にてヒアリングを行った。その内容は、下水道事業の動向、水質基準、水・汚泥処理方式の決定根拠、処理水の利用の現状、汚泥の処分・利用方法、温室効果ガス対策、消化ガスの利用等である。

2.1 下水処理水の再利用の現状

下水処理水は安定した水資源であることから、我が国においても再生利用の促進が図られている。マレーシア国においても急速な都市化の進展により下水処理水の再利用の意義・効果が高まりつつあると考えられ、下水処理や下水処理水再利用の現状について、現地ヒアリング等により把握を行った。

2.2 汚泥処理技術

下水処理により発生した汚泥の有効利用率は、我が国では建設資材利用、緑農地、バイオマスなどとして発生汚泥量の約80%に及んでいる。マレーシア国においても、都市部の下水道普及率の高まりから発生汚泥量が増加しており、その処理・処分方法や利活用手法について現状を把握するとともに、その課題を整理した。

2.3 温室効果ガス対策

環境問題の解決と温暖化対策を同時に実現するためのコベネフィット CDM (クリーン開発メカニズム) 事業がアジア地域で推進されている。バイオマス関連事業は、この中心的な事業であることから、マレーシア国においても廃棄物処理やパーム油事業に関連したメタンガス発生抑制事業等が進行中である。ここでは、下水道分野の汚泥処理におけるコンポスト化や排出ガス抑制対策等について現状把握を行った。

3. 研究結果

3.1 下水処理水の再利用の現状

下水処理水の多くは河川等に放流している状況であっ

たが、クアラルンプールのごく一部の下水処理場では、約15%の処理水を場内の環境用水、洗浄用水および修景用水として利用しているのみであり、処理水の再生水利用割合は高くなかった。処理水質レベルは放流先の状況に応じて水質基準が定められており、その項目と基準値について表-1に示す。基準Aの項目は、放流先下流に水道の取水点が存在、基準Bはその他の内陸水域に放流される場合に適用されている。都市部に新規に建設された下水処理場においては、この基準値をクリアしているようであるが、全国的な遵守率は70%弱に留まっている(図-1)。また、処理水の再利用に至っては排泄物等に由来することから、宗教上の抵抗により農業用水への利用は避けられてきたようであり、処理水再利用の需要は明らかではなかった。さらに、マレーシア国では年間降水量が2,000~2,500mmと比較的に多いことから環境用水などへの需要は見込みにくい状況であった。

表-1 要求される処理水の水質レベル(新規の下水処理場)

パラメータ	単位	基準	
		A	B
(a) Temperature	℃	40	40
(b) pH	-	6.0-9.0	5.5-9.0
(c) BOD ₅ at 20℃	mg/l	20	50
(d) COD _{cr}	mg/l	120	200
(e) 浮遊物	mg/l	50	100
(f) オイル又は油脂	mg/l	5.0	10.0
(g) アンモニア性チッ素(水中混入)	mg/l	5.0	5.0
(h) アンモニア性チッ素(河川)	mg/l	10.0	20.0
(i) 硝酸性チッ素(河川)	mg/l	20.0	50.0
(j) 硝酸性チッ素(水中混入)	mg/l	10.0	10.0
(k) リン(水中混入)	mg/l	5.0	10.0

注) Standard Aは集水区域内の内陸水域に放流する場合(下流に水道の取水点がある)に適用され、Standard Bはその他の内陸水域に放流する場合に適用される。

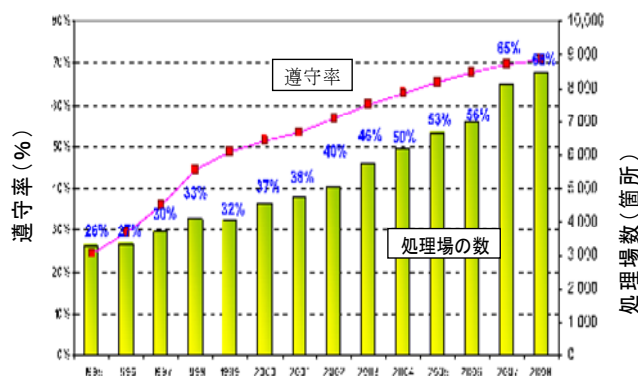


図-1 下水処理場から排出される処理水の水質基準遵守率

一方でエネルギー・グリーンテクノロジー・水省では、省エネ、環境配慮型社会の構築に向けてのスローガンを掲げており、今後、処理水の再利用を展開していく上で処理場内での洗浄用水や処理場外での工業用水、水洗トイレ用水などが想定された。処理水再利用の促進を図るには我が国における再利用事例を紹介し、積極的な啓発活動が必要であろう。

3.2 汚泥処理技術

マレーシア国において採用されている汚泥処理方法は、機械式脱水処理法と天日乾燥床の2つに大別される。脱水処理された脱水ケーキはほぼ100%が埋め立て処分されており有効利用は行われていない。現在では腐敗槽や下水処理場からの発生する汚泥量は年間430万 m^3 に達し、余力のある下水処理場にて対応しているが、その能力も限界状態となっているようであり、新たな処理施設の設置が急務とされている。ごく一部の既存の下水処理場(写真-1)においては、嫌気性消化施設を有しているが、回収されたガスは燃焼処理されており有効利用は行われていない。また、嫌気性消化において加温設備等がなく、消化槽の温度管理、汚泥日令がコントロールされていない等の課題も見受けられた。さらに、焼却やコンポスト化の工程も導入されていない。



写真-1 Pantai下水処理場

汚泥の再利用に関しては、現在、国営下水道管理会社では土壌改良と肥料化を検討中としているが、肥料化では直接にヒトの食料とならない作物への適用が望まれている。また、マレーシア国は輸入燃料の依存を減らし、自国で賄える燃料として石炭火力発電所の導入を進めている。併せて、バイオガスを含む再生可能なエネルギーの開発促進を政策に掲げており、今後、汚泥処理に関わる導入すべき技術としては炭化汚泥の燃料化やバイオガ

ス利用による発電が想定された。

3.3 温室効果ガス対策

現在、下水道事業において温室効果ガス対策に関する基本的な方針は示されていない。汚泥の焼却を行っていないため、 N_2O の削減効果は期待できないが、マレーシア国内の中・大規模の下水処理場では、活性汚泥法等による水処理法を採用しており、水処理施設で電力需要の大きい曝気槽の嫌気-好気の槽分けや、高効率な曝気装置へのリニューアルを考慮することで、電力使用量の削減は可能である。また、一部の大規模処理場においては、嫌気性消化槽を設置しメタンガスを燃焼していることから、燃料化への適用も期待される。さらに、嫌気性消化の導入にあたっては、気候的に温暖なことから加温に要するエネルギー量が少なく済む利点が挙げられる。

エネルギー消費の少ない省エネ型水処理法としては、温暖な気候を活かした上向流嫌気性汚泥ブランケット法(UASB)やハイレートポンド等の導入が考えられるが、適用事例が少ないため現地の要求性能を踏まえた適用性の評価が必要であろう。

4. 技術適用における留意点等の整理

マレーシア国を対象に、下水処理水の再利用の現状、汚泥処理技術、温室効果ガス対策等に関して、現地調査および関係者からのヒアリング等を実施し、その結果から技術適用における留意点等の整理を行った(表-2)。

処理水の再利用に関しては、再利用への心理的抵抗が大きいことから現在のところ需要が明確ではなかったが、マレーシア国が進めるグリーンテクノロジー政策を推進する上で再生水利用は温室効果ガス排出の削減に繋がる。利用用途は限られるが、処理場内での洗浄用水や処理場外での工業用水、水洗トイレ用水などへの活用が想定された。これら再利用促進のためには、需要についての調査を行い、再利用導入による効果の評価とともに、我が国における再利用事例を紹介し、積極的な啓発活動が必要であると考えられた。

下水汚泥の利用あるいはその減量化においては、輸入燃料の依存を減らすため自国で賄える燃料として石炭火力発電所の導入を進めていることもあり、炭化汚泥の燃料化が期待できるが、焼却灰の利用用途を考慮する上で、我が国でも多くが利用されている建設資材への需要について調査が必要であると考えられた。

温暖な気候を活かせる上向流嫌気性汚泥ブランケット法は、汚泥発生量を低減し排水からメタンガスをエネル

ギーとして回収できる利点を有しており、また、藻類利用によるハイレートポンドも省エネ型水処理法として、各々活用ができれば、温室効果ガス排出削減に寄与できる。課題として明らかになったことは、現地での適用事例が少ないため、放流先水域において要求される処理水の水質レベルを達成するために必要な運転条件の最適化を示すことである。

表-2 技術適用における留意点等の概要

適用技術	課題・留意点等
処理水の再利用	再利用への心理的抵抗が大きく、需要も明確でない
下水汚泥の利用	輸入燃料の依存を減らすため、炭化燃料化の活用に期待
汚泥消化ガスの活用	汚泥消化槽の温度管理、硫化水素対策等が課題
汚泥の減量化	埋立てに代わる焼却方式の提案
省エネ型水処理	現地での適用事例がなく、運転条件等の最適化が必要

5. まとめ

23年度は、途上国の地域要件を踏まえた水・汚泥処理技術の適用性の分類に関して、マレーシア国を対象に下水・汚泥処理に関わる地域要件や都市排水に対する社会的要請について現地調査を実施し、適用技術に対する課題、留意点等を整理した。

その結果、処理水の再利用では、心理的な抵抗があり需要も明確ではなかった。省エネルギー型水処理では、現地での適用事例が少ないため、現地の要求性能を踏まえた適用性の評価が必要であると考えられた。下水汚泥の有効利用と減量化では、輸入燃料の依存を減らすため炭化燃料化の活用が期待でき、埋め立て処分に代わる焼却方式の提案が必要であると考えられた。汚泥消化ガスの活用に関しては、汚泥消化槽の温度管理、硫化水素対策等が課題であった。

謝辞

本調査を実施するにあたり、マレーシア国のエネルギー・グリーンテクノロジー・水省、国家水サービス委員会、国営下水道管理会社の関係各位には、現地調査やヒアリングに特段のご配慮・ご協力を頂いた。ここに謝意を表します。