

解説

ベトナムを現場とした 管きょ汚水の特徴把握

はらだ ひでのり
原田 英典

京都大学大学院
アジア・アフリカ地域研究研究科・准教授

やすい ひでなり
安井 英斉

北九州市立大学
国際環境工学部・教授

1 はじめに

2019年時点で人口が9600万人を超えたベトナムでは、都市域の汚水を集水・処理するための大規模投資が進んでいる。2005年にベトナムで初めて下水処理場がハノイ市に着工した後、2019年までに71の施設が建設され、さらに80施設ほどが次々と工事・計画中である。下水処理場に送る汚水の集水システムにおいても、管きょの新設や更新が着々と行われている。これら下水処理システム整備事業はODAの借款で実施されることがベトナムの特徴で、投資のおよそ80%がODAで占められる。下水処理システムの整備が国際協力をベースにしていることから、我が国をはじめとする企業は当該事業に多大な関心を有している。一方、ベトナムの基本的な下水道は合流式であり、季節や集水域の生活パターンの影響を受けやすい。また、古くから設置された下水道では、管の隙間からの汚水漏出や地下水・雨水の管への侵入が目立つようである。なお、ベトナムでは腐敗槽（原始的な嫌気性単独浄化槽）の設置が都市部の建屋に義務づけられており、その処理水が下水道に送水されることも多い。腐敗槽の生物処理性能はかなり限定的なものの、一定の有機物が生物分解されることから、処理水のC/N比は一般の下水と比べて相当低いと言われている。我が国の場合、水道水の使用量、低い不明

水量、国土ではほぼ均質な汚水の成分濃度等を前提とすることで分流式のシステムを設計してきた。そのため、ベトナム市場への事業展開において、従来の手順では適切に下水処理システムを計画できない懸念がある。本稿は、これらベトナム特有の状況に着目し、新たな手法で現地の管きょ汚水特性を把握しようとした検討結果を述べる。

2 管きょ汚水の流量・組成と集水システムの影響

2.1 東南アジアにおける下水の組成と流量の特徴

下水道管路網が未整備の地域で整備を進める際の情報収集として、筆者らは東南アジアのいくつかの都市で下水組成・流量の特性や未整備な下水道管路網がこれらに与える影響の調査を行ってきた。ここでは、フランス植民地統治時代に下水道（処理場なし）が部分的に導入された後、適正に整備・更新されず、未発達な下水道管路が広がるベトナム・フエ市の小街区を対象に筆者らが2017年～2018年に実施した研究（Watanabe et al., 2021）をもとに、東南アジアの地方都市の典型であるベトナム・フエ市における下水の低濃度・低流量の現状と未整備な下水道管路網の影響について概説する。

2.2 フェ市の小街区での調査の概要

本調査では、フェ市 Thuan Thanh 区 Doan Thi Diem 通り周辺集排水区（合流式、面積 11.2ha、人口約 1,400 人）を対象地域とした。調査時点で、同集排水区の下水（腐敗槽処理水を含む）は未処理で公共水域に放流されていた。当該地区の各家庭で排水の放流先等の管理方法を聞き取り調査で把握するとともに、集排水区のほぼ末端地点（吐口）において、下水の流量と水質を連続的に監視した。一日の時間最低流量から不明水量を推定するとともに、管路網からの浸出率をリチウムトレーサー試験より推定し、上水使用量（153.7 ℓ/人/日）と合わせて水収支を求めた。

2.3 小街区の下水特性と下水道管路網の影響

全世帯のトイレ排水は腐敗槽で処理されており、腐敗槽処理水の 53%（雨季・乾季とも）が下水道に流入し、残りは地下に浸透していた（地下浸透式の腐敗槽）。当該地区の晴天時の下水フローの推計結果を雨季・乾季別に図-1 に示した。本調査地区を含めたフェ市あ

るいはベトナム中部のダナン市等では相当割合の腐敗槽処理水が地下に浸透しており、北部の首都ハノイでは腐敗槽の処理水のほぼ全量が下水道・排水路に放流される。地域によって下水の処理フローに大きな違いがあるので、ベトナムで下水処理システム事業を計画する際にはこの点を特に留意する必要がある。

一方の雑排水は、乾季で 39%、雨季で 35% が下水道に流入することなく、庭先等への排出を通して土壌への浸透や蒸発散で消えていると推定された。当該地区では下水道管路網は既に存在しているものの、腐敗槽処理水の下水道流入率は低く、雑排水の接続も十分に進んでいない。

下水道吐口での晴天時平均流量は、乾季と雨季でそれぞれ 50.5m³/日と 269.7m³/日であり、5 倍程度の差が見られた。腐敗槽および生活系からの下水が下水道に流入した後に注目すると、乾季・雨季のいずれでも下水道から地下への浸出が極めて大きいようであった。特に乾季では、下水道からの浸出量は下水道吐口での流量より多く、吐口での下水流量は上水利用量の 23% に留まっていた。一方の雨季では極めて多量の不明水が下水道に流入しており、吐口での下水流量は上水利用量に対して 123% に達していた。このような貧弱な下水道管路網の結果として、当該地区雨季の下水 COD_{Cr} 濃度は乾季の 184mg/ℓ に対して 51mg/ℓ に低濃度化していた。また、汚濁負荷量については、家庭での COD_{Cr} 発生量の内、乾季および雨季でそれぞれ 59% および 62% が下水道に流入し、発生量の 18% および 31% のみが下水道吐口に到達すると推計された。日本の 26 処理区における過去の調査（日本下水道協会、1982）では下水に占める地下水の割合は 26±18%（平均±S.D.）という報告もあり、地下水浸入の制御は日本でも重要な課題である。フェ市の調査地区の下水道管路網における地下水浸入および下水の地下への浸出は日本のケースよりも著しく、これによる下水量・水質への影響は極めて大きい。

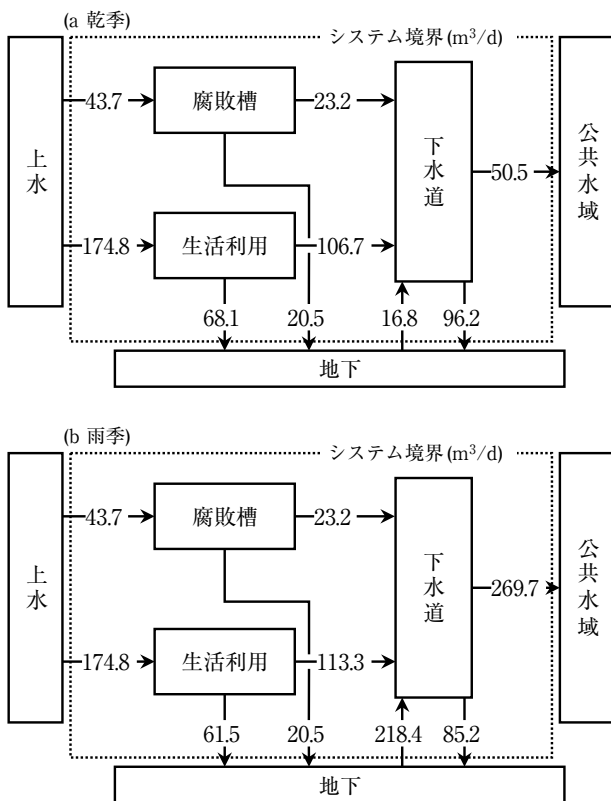


図-1 フェの小街区の集水システムの水収支 (a 乾季), (b 雨季) (Watanabe et al., 2021 から修正)