

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420531

研究課題名(和文) 浄化槽整備地区からの病原微生物のノンポイント型汚染の実態解明と流出負荷評価

研究課題名(英文) Nonpoint source pollution with fecal indicator microorganisms in a residential area with Johkasou and the estimation of their loadings

研究代表者

山田 俊郎 (YAMADA, Toshiro)

岐阜大学・工学部・准教授

研究者番号：30335103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：浄化槽整備地区からの病原微生物のノンポイント型負荷の実態を把握するため、浄化槽処理水が放流される暗渠や水路を対象とした複数の指標微生物に関する詳細な現地調査を降雨期間を含めて実施した。降雨による流量増加時において水路中の指標微生物濃度は上昇傾向にあるが、特に降雨初期に大腸菌濃度が顕著に上昇し、暗渠内堆積物の流出の影響が確認された。浄化槽整備地区からの大腸菌流出負荷量は同規模の下水道使用区と比べて9倍程度大きいと試算された。また、水路内の抽水植物や壁面付着微生物膜中の指標微生物は底泥より高く、微生物膜の有無が水路内の指標微生物の存在量に影響することが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Comprehensive field surveys of several fecal indicator microorganisms in water and sediment in open channels and drainage ditches that receive Johkasou effluents including continues surveys during rainfall events in order to make clear their loadings from a Johkasou area as a nonpoint pollution source. Increase trends in the concentrations of the indicators in water were found with the increase of the flow rate in the open channels during the events due to the runoff of the sediments in the drainages. A loading of *E. coli* from the area with Johkasou was estimated based on the field survey, and it was larger than that reported in the same size residential area with sewerage. Densities of the indicators on the surface of a submerged plant grown in the channel as well as those in biofilm attached on the channel wall were higher than those in sediments, suggesting that the existence of the biofilm affect the total accumulation amount in the channel which may affect the runoff loadings.

研究分野：水環境保全工学

キーワード：降雨時流出 浄化槽放流水 糞便汚染指標微生物 ノンポイント型汚染 負荷 水質 底質

1. 研究開始当初の背景

合併処理浄化槽（浄化槽）は、わが国独自に発展してきた分散型生活排水処理システムであり、下水道等集中処理システムの導入が困難な地域を中心に、国内各地で導入・整備が進められている。わが国では、浄化槽の処理水は直接用水路など表流水に放流される場合が多く、下流への影響評価には浄化槽整備地区からの流出負荷が必要不可欠である。これまでに、浄化槽整備地区内水路の環境評価に関する研究（科研若手B, H22～H23）等において、浄化槽処理水の放流先水路における糞便汚染指標細菌や指標ウイルスは年間を通じて一般河川よりも高い濃度レベルにあり、底質中においても高濃度で検出されることを指摘した。また、様々な土地利用の集水域をもつ一般河川では降雨増水期間に水中の健康関連微生物の濃度が上昇するノンポイント型汚染の特徴が報告されており、浄化槽整備地区において、特に水路や暗渠に堆積している底質が降雨増水時に下流へ排出される時に底質中の微生物等が排出されることが想定される。以上のことから河川下流地点での降雨時の水中の病原微生物負荷を把握・管理するためには、浄化槽利用地区からの負荷を降雨時短期流出現象を含めて把握する必要があると考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、浄化槽整備地区からの病原微生物の負荷流出の実態を複数の健康関連微生物（糞便汚染指標微生物）を用いて明らかにするとともに、降雨時流出に関与する浄化槽放流先水路内での堆積物等における糞便汚染指標微生物の実態を把握し、浄化槽整備地区からの負荷削減に資する知見を得ることを目的とする。具体的には、平水時および降雨時において浄化槽整備地区からの糞便汚染指標微生物の負荷量を評価するとともに各指標微生物の流出特性を明らかにする。また下流へのノンポイント型負荷評価に大きく関与する放流先水路内の指標微生物の存在量とその特性を現地調査から明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 浄化槽整備地区内水中および底泥中における糞便汚染指標微生物の存在実態

合併浄化槽および単独浄化槽を使用している住宅区（浄化槽整備地区）を対象に、地区内にある浄化槽処理水放流先暗渠および暗渠接続先用排水路の水および底泥を採取し、一般的な水質・底質の分析項目とともに糞便汚染指標微生物（大腸菌群数、大腸菌、F特異大腸菌ファージ、腸球菌）を分析した。

(2) 降雨時連続調査による放流先水路における指標微生物の負荷および流出特性評価

降雨期間中に連続的な水質水文調査を異なる季節で5回実施した。現地に設置した水

位計により流量を連続的に把握するとともに、降雨増加時に30分間隔で採水を行い水質の連続調査を行った。

(3) 水路内環境における指標微生物の存在量の評価

水路内に堆積している底泥とともに、水路内に群集する抽水性植物や水路壁面等に付着している微生物膜（付着膜）を複数箇所採取して、各試料に含まれる各指標微生物量を分析した。

4. 研究成果

(1) 浄化槽整備地区内水中および底泥中における糞便汚染指標微生物の存在実態

平水時において微生物濃度は比較的高い濃度にあること、有機物指標など項目と同じく微生物項目についても夏季と比べ冬季に濃度が高いこと、合併浄化槽未整備地区からの微生物指標は高いこと、水中での大腸菌とF特異大腸菌ファージの挙動は異なること等、浄化槽整備地区内水路における水質および指標微生物の特徴が分かった。浄化槽処理水が混入する水路の底質において、混入による影響がない上流地点では検出されなかった大腸菌が検出され、底質の中でも粒径の小さいシルト質の分画に多く含まれていることが分かった。底泥中の指標微生物量は、流量が少ない冬季において多い特徴が分かった。

(2) 降雨時連続調査による放流先水路における指標微生物の負荷および流出特性評価

浄化槽放流先となる水路において平水時の水量が大きく異なる夏季・冬季のいずれの降雨期間においても、降雨による流量増加時には特に大腸菌、F特異RNAファージの濃度は上昇傾向にあった（図1）。

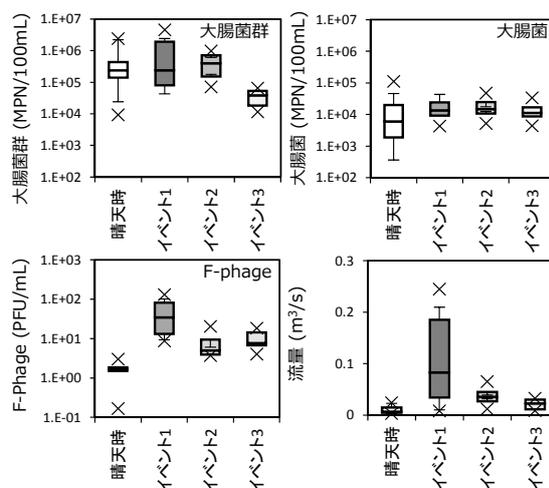


図1 各降雨イベントと晴天時の水路水中の指標微生物濃度分布（左上：大腸菌群，右上：大腸菌，左下：F特異RNAファージ）及び流量（左下）

また、降雨期間中水路に直接接続する浄化槽利用区内暗渠から継続して高い濃度レベルの大腸菌を含む水が流出しており、暗渠水を受ける水路においても流量増加初期における濃度上昇が見られた（図2）。

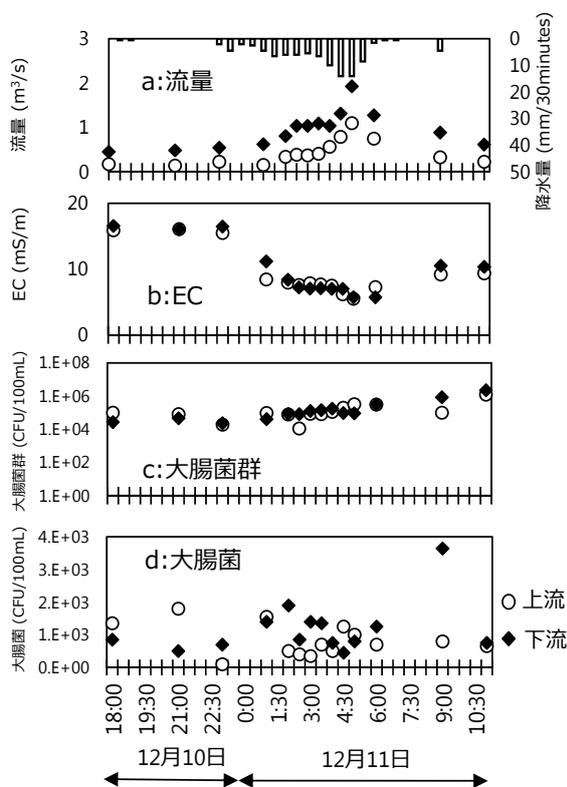


図2 降雨流量増加時の水路の流量と水質の変化 (a:流量, b:EC, c:大腸菌群, d:大腸菌)

また、降雨時連続調査の結果を踏まえ、流出負荷量を試算したところ、調査対象の浄化槽整備地区からの大腸菌の流出負荷量は、これまでに報告されている同規模の下水道等が利用されている都市排水地区のものとは比べ9倍程度大きいこと、降雨時の糞便汚染指標微生物の負荷は晴天時よりも増大するが、特に大腸菌は他の指標と比べ増加の程度が大きく、指標による負荷流出の特徴が異なることが分かった。

(3) 水路内堆積物等に含まれる指標微生物の存在実態

面源負荷流出に大きく影響する水路内堆積物中の指標微生物の存在に着目した調査を行った。暗渠内堆積物中に重量当たりの各指標微生物の数は、接続先水路底泥より1オーダー程度多いことや、水路内に存在する抽水植物や水路壁面に付着している微生物膜中の糞便汚染指標微生物の存在実態を調査し、それらは水路に堆積している底質よりも数オーダー高く指標微生物を保持でき、特に付着微生物が顕著であった（図3）。水路単位面積あたりの各指標微生物の保持量を試算した結果、抽水植物の有無による保持量の差はわずかである一方、微生物膜の存在に

より単位面積当たりの指標微生物の保持量は2～4オーダー高くなることが示唆され、微生物膜の有無が水路中での指標微生物の存在量に大きく影響することが分かった。特に排出口付近の微生物膜の形成を抑制することは、水路内での指標微生物保持量を減らすことが期待され、下流への負荷流出削減につながると思われる。

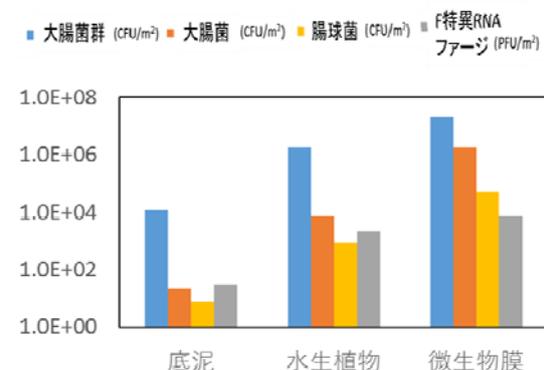


図3 対象水路内の底泥、抽水植物（表面）、付着微生物膜中の各指標微生物の存在量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

(1)Fajri, J.A., Yamada, T., Setiyawan, A.S., Li, F., Evaluation of water and sediment quality in open channels that receive effluent from Johkasou facilities, Journal of Water Environment Technology, 査読有, 13 (3), 2015, 207-219, DOI: 10.2965/jwet.2015.207.

(2)Setiyawan, A.S., Yamada, T., Fajri, J.A., and Li, F., Characteristics of fecal indicators in channels of johkasou systems, Journal of Water Environment Technology, 査読有, 12 (6), 2014, 469-480, DOI: 10.2965/jwet.2014.469.

(3)Setiyawan, A.S., Yamada, T., Fajri, J.A., Li, F., Seasonal characteristics of fecal indicators in water environment receiving effluents of decentralized wastewater treatment facilities, 土木学会論文集G (環境), 査読有, 70, 2014, III_331-III_340, DOI: 10.2208/jscej.70.III_331.

〔学会発表〕（計10件）

(1)Yu Hayashi, Toshiro Yamada, Fusheng Li, Concentrations of fecal indicator bacteria in water and sediment of open channels that receive Johkasou effluents, International symposium of river basin studies - towards the interdisciplinary study for sustainable basin environment and human well-being -, 2017年3月7日, 岐阜大学 (岐阜県・岐阜市) .

(2)Toshiro Yamada and Joni A. Fajri., Water and sediment quality in open channels receiving of effluents from small-scale onsite wastewater treatment facilities (Johkasou), The 3rd Engineering Science and Technology International Conference, 2016年8月31日, Padang (Indonesia) .

(3)林祐, 山田俊郎, 船田修平, A. Fajri Joni, 天野皓太, 李富生, 浄化槽利用地区内水路における水中および底泥中の糞便汚染指標微生物の存在実態, 第50回日本水環境学会年会, 2016年3月17日, アスティとくしま (徳島県・徳島市) .

(4)船田修平, 山田俊郎, 林裕, 天野皓太, 李富生, 浄化槽利用地区内水路における水中の糞便汚染指標微生物の存在及び流出の特徴, 第23回衛生工学シンポジウム, 2015年11月12日, 北海道大学 (北海道・札幌市) .

(5)Fajri, J.A., Yamada, T., and Li, F., Evaluation of water and sediment quality in open channels receiving effluent from small-scale onsite wastewater treatment facilities, The 2nd International Joint Meeting of Global Environment and Energy, 2015年11月4日, 岐阜大学 (岐阜県・岐阜市) .

(6)Toshiro Yamada, Joni A. Fajri, Ahmad S. Setiyawan, Fusheng Li, Water and sediment quality in channels receiving of effluents from johkasou facilities, The second joint seminar of Japan and Indonesia, environmental sustainability and disaster prevention, 2015年3月22日, Denpasar, (Indonesia) .

(7)Fajri, J.A., Yamada, T., Setiyawan, A.S., Li, F., Distribution of fecal indicators of fecal indicator bacteria in sediment of local open channel receiving johkasou effluent, 第49回日本水環境学会年会, 2015年3月15日, 金沢大学 (石川県・金沢市) .

(8)Ahmad S. Setiyawan, Toshiro Yamada, Joni A. Fajri, Fusheng Li, Seasonal characteristics of fecal indicators in water environment receiving effluents of decentralized wastewater treatment facilities, 第51回環境工学研究フォーラム, 2014年12月20日, 山梨大学 (山梨県・甲府市) .

(9)Yamada T., Fajri. J. A., Setiyawan A.S., Li F., Water and sediment quality in open channels receiving of johkasou effluents from small-scale onsite wastewater treatment facilities (johkasou), The 5th forum on studies of environmental and public health issues in Asian mega-cities, 2014年11月10日, Seoul (Republic of Korea) .

(10)Yamada T., Fajri. J. A., Setiyawan

A.S., Li F., Impact of effluents from small-scale onsite wastewater treatment facilities (johkasou) on a local water environment, 1st joint international seminar of faculty of science and technology, Universiti Kebangsaan Malaysia and faculty of engineering, Gifu University, 2014年7月31日, 岐阜大学 (岐阜県・岐阜市) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 俊郎 (YAMADA, Toshiro)
岐阜大学・工学部・准教授
研究者番号：30335103

(2) 研究分担者

李 富生 (LI, Fusheng)
岐阜大学・流域圏科学研究センター・教授
研究者番号：10332686

(4) 研究協力者

Ahmad Sole Setiyawan
Joni Aldilla Fajri