

途上国に適用可能な硫黄サイクル微生物機能

活性化・次世代水資源循環技術の創成

Development of next generation water resources circulation technology, using sulfur cycle microbes, applicable to developing countries

山口 隆司 (YAMAGUCHI TAKASHI)

長岡技術科学大学・大学院工学研究科・教授



研究の概要

本研究は、途上国に適用可能な新規下水処理技術の開発と、反応に関わる微生物生態の解明を行うことで、本邦発の環境技術を世界に発信し、途上国の水環境健全化・水資源確保に貢献するものである。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：用排水システム

1. 研究開始当初の背景

途上国では、下水の90%以上が未処理で河川等に垂れ流しの状態であり、特に都市部では人口集中による水環境の劣悪化が進んでいる。水環境の悪化は、飲料水源の汚染、消化器系疾病の発生などの問題につながり、実に途上国では水関係の疾病による死亡が全死亡率の約8割にまで及んでいると報告されている (WHO)。

熱帯・亜熱帯地域における主たる都市下水処理法は嫌気性生物処理法となっているが、温帯や高地等において下水温度が低下する条件に適合した下水処理技術の研究開発は少ない。

2. 研究の目的

本技術は、硫黄サイクル微生物に着目することにより、冬季に下水温が10℃以下にまで低下する温帯や高地の低温下水でも稼働可能な特徴を有する。また、これまで未知である嫌氣的硫黄酸化現象の反応メカニズムの解明を試みる。

本研究の目的は、途上国に適用可能な新規下水処理技術の開発と、反応に関わる微生物生態の解明を行うことで、本邦発の環境技術を世界に発信し、途上国の水環境健全化・水資源確保に貢献することにある。

3. 研究の方法

本研究は、次の3点の事項を中心に行う。
○ ラボスケール下水処理装置を用いて、低

温条件でも稼働可能な省エネルギー・下水処理の運転操作因子の最適化を図る。BOD及び窒素除去の高速化と安定化。硫黄サイクル微生物の活性化。

○ パイロット装置を途上国に設置し実証試験を行い、低温運転も含めたガイドラインの作成を行う。実用化の検討を行う。

○ 嫌氣的硫黄酸化反応の解明および下水処理システムの微生物生態評価をおこなう。

4. これまでの成果

本研究は、世界で初めて嫌気性微生物を利用して、途上国における低温都市下水の処理を可能にする特色を有する。

本技術シーズのひとつは、硫黄サイクル微生物を活用した下水処理技術である。硫黄をポジティブな物質としてとらえ、低温条件下での下水の処理を可能にした独創的な研究である。本研究の成果としては、下水温度が10℃程度の低温でも嫌気性微生物を主体とした下水処理を可能にした。この結果、装置稼働のための電力エネルギー消費量、汚泥発生量、温室効果ガス発生量を70%以上削減可能な魅力ある下水処理技術を世界に発信できる。

嫌氣的硫黄酸化現象の探究は、未知な硫黄循環の動態の解明につながる。嫌氣的硫黄酸化反応が低温条件で生じること、また、ユニークな電気培養による嫌氣的硫黄酸化反応の再現・制御ノウハウを見出している。硫黄酸化に関わると考えられる微生物は、UASB反

応槽の 10-40%と高い割合占める微生物である事も明らかにしており、本研究で得られる知見は嫌気性微生物利用技術に大きく貢献する。

5. 今後の計画

本研究は、大別して次の3点について実施する。

- ラボ装置を用いて、低温条件でも稼働可能な省エネルギー・下水処理の運転操作因子の最適化。
- パイロット装置を途上国に設置し実証試験を行い、低温運転も含めた設計指針の作成。
- 嫌氣的硫酸化反応の解明および下水処理システムの微生物生態評価。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

- 1) M. Takahashi, A. Ohya, S. Kawakami, Y. Yoneyama, T. Onodera, K. Syutsubo, S. Yamazaki, N. Araki, H. Harada and T. Yamaguchi (2011) Evaluation of treatment characteristics and sludge properties in a UASB reactor treating municipal sewage at ambient temperature. International Journal of Environmental Research 5(4), pp. 821-826
- 2) 木村晶典, 幡本将史, 川上周司, 高橋優信, 荒木信夫, 山口隆司 (2011) 嫌氣的メタン酸化脱窒微生物の培養とその微生物群集に与える電子受容体の影響. 土木学会論文集 G (環境), Vol. 67(7), pp. III_277-III_283
- 3) 山口剛士, 川上周司, 幡本将史, 高橋優信, 久保田健吾, 井町寛之, 荒木信夫, 山口隆司 (2011) Hybridization Chain Reaction (HCR) 法を用いた新規高感度 FISH 法の開発. 土木学会論文集 G (環境), Vol. 67(7), pp. III_93-III_98
- 4) M. Takahashi, T. Yamaguchi, Y. Kuramoto, A. Nagano, S. Shimozaki, H. Sumino, N. Araki, S. Yamazaki, S. Kawakami and H. Harada (2011) Performance of a pilot-scale sewage treatment: An up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) and a down-flow hanging sponge (DHS) reactors combined system by sulfur-redox reaction process under low-temperature conditions. Bioresource Technology, 102, pp. 753-757
- 5) 熊倉真也, 佐藤浩太, 山下拓也, 幡本将史, Pairaya Kucivilize Choeisai, 珠坪一晃, 荒木信夫, 山崎慎一, 山口隆司. (2010). 2槽式 UASB 反応槽と DHS 反応槽による高濃度硫酸塩含有天然ゴム製造廃液の連続処理. 環境工学研究論文集 Vol. 47, 579-584

- 6) 大矢明子, 小野寺崇, 山口隆司, 珠坪一晃, 荒木信夫, 多川正, 山崎慎一, 米山豊, 大橋晶良, 原田秀樹 (2009) 下水処理 UASB リアクターの処理特性および保持汚泥性状評価. 環境工学研究論文集 vol. 46, 629-635.
- 7) 古川卓, 荒木信夫, 青木仁孝, 對馬育夫, 珠坪一晃, Wilasinee Yoochatchaval, 房月芹, 山口隆司 (2009) 低水温嫌気性処理槽内に生息するメタン生成古細菌群の動態解析, 環境工学研究論文集, 46, pp. 629-636, 2009.
- 8) 山口隆司, 高橋優信, 幡本将史, 川上周司, 久保田健吾, 原田秀樹, 山田正義, 山内正仁, 荒木信夫, 山崎慎一 (2011) 次世代水資源循環技術-都市下水を対象とした嫌気性下水処理-(第2章4節), 水浄化技術の最新動向, pp. 121-131, (株)シーエムシー出版
- 9) S. Ono, M. Takahashi, M. Hatamoto, S. Kawakami, T. Yamaguchi, S. Yamazaki, N. Araki, and H. Harada. Performance of a pilot-scale sewage treatment by UASB and DHS reactor combined system enhancing sulfate-reducing reaction. The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition (IWA-ASPIRE 2011), P. 307, No. 14-22-7, Tokyo, Japan, October 2-6, 2011
- 10) M. Kimura, M. Hatamoto, S. Kawakami, M. Takahashi, N. Araki, T. Yamaguchi. Molecular exploration and enrichment of denitrifying anaerobic methane oxidizing microorganisms using continuous and batch cultures. The 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition (IWA-ASPIRE 2011), P. 487 (No. P-14-47), Tokyo, Japan, October 2-6, 2011
- 11) S. Ono, A. Oya, S. Kawakami, M. Hatamoto, M. Takahashi, K. Syutsubo, N. Araki and T. Yamaguchi (2011) Performance of a pilot-scale sewage treatment: An up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) by sulfate-reducing reaction. 8th IWA Leading Edge Conference on Water and Wastewater Technologies (LET2011), p. 75 など

ホームページ等

<http://ecolab.nagaokaut.ac.jp/j/>