

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00636

研究課題名(和文) 地下水位分布と汚濁流出機構の理解に基づくディリ市民が実施可能な水環境保全策の提案

研究課題名(英文) Proposal of water environment conservation measures that Dili citizens can implement based on understanding of groundwater level distribution and pollutants runoff mechanism

研究代表者

関根 雅彦 (SEKINE, Masahiko)

山口大学・大学院創成科学研究科・教授

研究者番号：30163108

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：東ティモールの首都ディリの4流域の13井戸と16水路測点で水質調査、水位調査を実施した。その結果、流域全体に地下水深度が小さい流域と、中上流で地下水深度が大きい流域があり、前者では汚濁負荷量が多いのに対して後者では汚濁負荷量が1桁小さいこと、浸透性や漏水のある腐敗槽があり、地下水深度が小さい地域での貯留可能年数の短縮など汚染を助長する恐れがあることが示された。地下水深度が小さい地域では、浸透性のあるし尿処理施設を水密性の高い施設に切り替え、定期的に汲み取りを行う必要があること、土壌処理などの簡易分散処理手法を導入すること、このような地域に優先的に下水道整備を進める必要があることを指摘した。

研究成果の概要(英文)：This study aims to reveal a pollutant discharge mechanism in Dili, the capital of Timor-Leste, and to propose a feasible water quality preservation measure even at the citizen level. Water quality and water level survey at 13 wells and 16 streams in four watersheds were conducted. As a result, there were two types of basins. One of which had small groundwater depth throughout the watershed, and another one had larger groundwater depth in the middle- and up-stream. The former had a large pollutant load, and the latter had one order smaller one. In the former case, leaky septic tanks may be filled much faster than expected. In the watershed with small groundwater depth, it is necessary to switch the treatment method from which relies on infiltration to a watertight septic tank with regular maintenance, and to implement dispersion treatment facility like treatment wetland.

研究分野：環境衛生工学

キーワード：発展途上国 東ティモール 水環境 BOD 大腸菌群 毒性 市民協働

### 1. 研究開始当初の背景

申請者は、2011年より JICA の東ティモール国立大学(UNTL)支援事業に携わり、UNTL における教育研究指導を通じて首都ディリの水環境の現状理解に努めてきた。その結果、首都には排水処理施設は存在せず、汚濁物質はそのまま河海に排出されること、有機汚濁や大腸菌群、毒性物質を高濃度に含む運河や小河川の水が、農業用水や洗車用水など市民が直接接触する形で利用されていること、飲料水となる井戸水や水浴に使われる河川水、さらには浄水場を経た水道水などからもこれらの汚濁物質が相当濃度で検出されることなど、衛生的観点から憂慮すべき状態であることが明らかになってきた。美しい海を観光資源として観光産業を育成したい当地政府にとって不利益であることはもちろん、市民の健康そのものが危機的状況であると言わざるを得ない。それにもかかわらず、当地政府の環境衛生対策の順位は低く、有効な対策が講じられる気配はない。

一方、申請者らの調査河川の中には、比較的良好な河川環境が保たれているものが見られた。その流域では、腐敗槽からのオーバーフローが少なく、住民の適切な腐敗槽管理により汚濁負荷の河川への流出が抑えられていた。一方他の地域では、腐敗槽からのオーバーフローが頻繁に発生し、河川汚濁の抑制が極めて難しい状態であった。その違いを生む原因の一つとして、地下水位の違いが考えられた。

ディリ近郊は山が海に迫る急峻な地形、短時間で局所的な強い降雨による突発的な洪水と大量の土砂輸送が特徴である。このため、山裾に地下水位が高い地域が広がり、海岸に向けて河道を中心とした礫質地帯で地下水位が急速に低下すると推測される。地下水位が高い地域では腐敗槽の貯留容量が低下する一方、一部の河川は完全に水無川となり、そこでは乾季において流出汚濁負荷が見か

け上ゼロとなる。先述の良好な環境が保たれた河川の事例に見られるように、地下水位などの地域特性を把握し、水無川などの環境条件を適切に利用すれば、いつになるかわからない政府による下水道整備を待つまでの間にも、市民レベルで水環境保全策を講じることが可能ではないかと考えるに至った。しかしながら、JICA 事業は研究が目的ではないため、これ以上の研究の発展は望みにくい状況である。また東ティモールは紛争の歴史が長く、オーストラリアによる資源探査を目的とした研究がいくらか見られるが、環境情報はもちろんのこと、降雨量や河川流量のような基本的な情報すら十分集積されていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究では、東ティモール国立大学との協力の下でディリの汚濁負荷流出機構を明らかにし、その特性を生かした市民レベルで実施可能な水環境保全策を提案することを目的とする。

### 3. 研究の方法

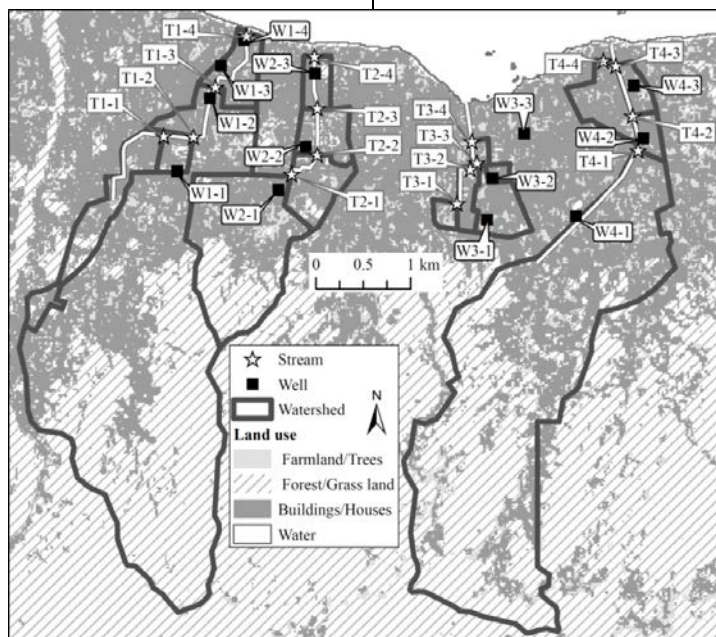
以下の調査研究を実施する。

(1)ディリ市内各所4流域13か所の井戸の水質と水位、および16か所の周辺水路の水質を調査し、地下水位と地下水質、表流水質の関係を明らかにする。

(2)ディリ市内の水無川の河口前面湧出水水質、洪水時水質を調査し、1における水無川周辺の地下水質とあわせて水無川の汚濁物質流出機構を明らかにする。

(3)特徴ある調査地点周辺の聞き取り調査を実施し、地下水位などの環境条件と腐敗槽管理や井戸水・河川水利用をはじめとした市民の水利用形態の相互作用を明らかにする。

(4)以上の結果を元に、地下水位などの地域特性に応じた市民レベルで実施可能な環境保全策を立案する。



#### 4. 研究成果

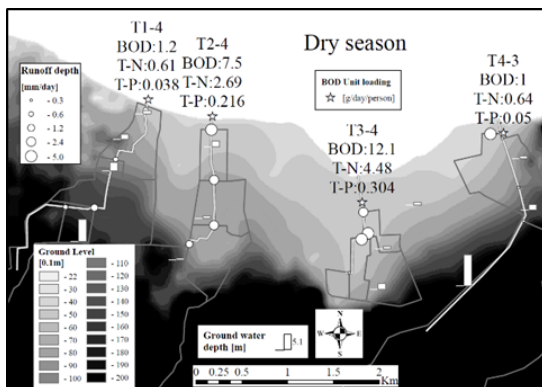
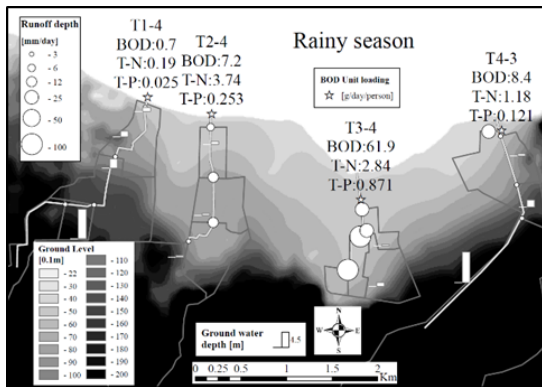
調査地点と流域界を前頁の図に示す。

##### (1) 地下水位と地下水質、表流水質の関係

水質分析の結果を総括すると、浅井戸の水質は、日本の水道水源としては高度の浄水操作が必要か、水道水源として使用できないレベルであった。水路のBOD(生物化学的酸素要求量)はほとんどがわが国の環境保全レベルの環境基準 10mg/L を超えており、大腸菌群数は日本の排水基準の数倍のレベルであった。さらに、水路からは魚類や水生昆虫の生息状況に影響を与えるレベルの毒性が検出された。水路に含まれる化学物質の種類は日本より少なかったが、毒性は日本と同等以上であった。水路での洗車や、未処理の家庭廃水が汚染源と考えられた。

下図に、調査により得られた地下水深度、流出高、地盤高と見かけの流域毎一人一日BOD、T-N(全窒素)、T-P(全燐)排出量を示す。

中上流で地下水深度が大きくなっている流域と、流域全体に地下水深度が浅い流域があり、地下水深度が大きい流域では流出高が小さく、地下水深度が浅い流域では流出高が大きい傾向があった。流域からの汚濁物質排出量をわが国の一人一日汚濁負荷量と比較すると、地下水深度が小さく流出高の大きな地域ではわが国のし尿ないし雑排水がそのまま排出されていると同程度となる。一方地下水深度が大きく流出高が小さな地域では1桁小さな排出量となった。



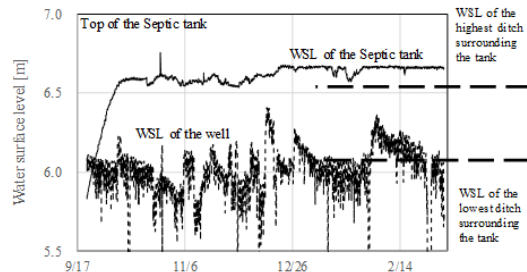
##### (2) 水無川の汚濁物質流出機構

水無川河口の地形と波浪のため湧出水調査の実施が困難であることが判明した。しかし(1)において乾期雨期の地下水位変動と流出高、流出負荷量の変化が明らかになったため、海域に流出する汚濁物質負荷量を見積もるといった目的はおおむね達成した。また加えて、ディリ沿岸の大腸菌群数を測定し、観光資源として想定している水域ですら水浴に適さない値となっていることを明らかにした。(下図)



##### (3) 腐敗槽管理の水質影響

4か所の腐敗槽について聞き取り調査を行い、1か所では汲み取り後6か月に渡って槽内水位の変動調査を実施した(下図)。



地下水深度が深い地域では、浸透性のある、あるいは漏水のある処理施設に投入されたし尿は地下浸透する一方、地下水深度が浅い地域や近辺に排水溝などの水源が存在する地域では、漏水がある施設の貯留可能年数が短縮され、越流水による水路汚染が助長される恐れがあることが明らかとなった。

##### (4) 市民レベルで実施可能な環境保全策

2017年3月に現地教員に対する第一回現地報告会、2017年8月に現地政府関係者、UNESCO、NPOの参加するWorkshop on WASH learning networkにおいて研究成果を共有し、今後の方策について議論した。現地における水環境情報が不足していることが改めて浮き彫りになり、UNESCOなどからデータの提供を求められた。モデル化の必要性の有無、下水道計画の実現性などが議論された。

政府による下水道建設は実質的にまったく進んでおらず、各戸での分散処理の必要性が確認された。また、家庭廃水や腐敗槽越流水をそのまま水路に放流せず、地下水位が高い地域でも実施可能な分散型浅層土壌処理を行うことが現実的であること、さらに飲料可能な水資源を増やすため、各戸での緩速ろ過装置の導入も必要であると考えられた。この実現に向けた実験も UNTL で開始されている。

(下図：ワークショップで説明する筆者)



## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 3 件)

- ① Ashraf Elsheikh, Masahiko Sekine, Yuko Horikiri, Sergio Freitas, Ariyo Kanno, Takaya Higuchi, Tsuyoshi Imai, Koichi Yamamoto. Applicability of Passive Sampler Disks for Collection of Time-integrated River Water Samples for Toxicity Bioassay. *Journal of Water and Environment Technology*, 15(4), 129-142, 2017, 査読有.  
DOI: 10.2965/jwet.16-056
- ② 関根雅彦, Ashraf Elsheikh, Sergio Freitas, To Uyen Doan Thi, 神野有生, 山本浩一. デイリ市における汚濁物質の流出機構に関する研究. *土木学会論文集 G (環境)*, 73(7), III\_221-III\_228, 2017, 査読有.  
DOI: 10.2208/jscej.73.III\_221
- ③ Ashraf ELSHEIKH, Masahiko SEKINE, Sergio FREITAS, Yuko HORIKIRI, Ariyo KANNO, Takaya HIGUCHI, Tsuyoshi IMAJ, Koichi YAMAMOTO. Comparison of surface water toxicity and chemicals from residential areas in Timor-Leste and Japan using larval himedaka (*Orizias Latipes var.*) acute toxicity assay. *土木学会論文集 G (環境)*, 73(3), III\_525-III\_533, 2017, 査読有.  
DOI: 10.2208/jscej.73.III\_525

〔学会発表〕 (計 5 件)

- ① Ashraf ELSHEIKH. Comparison of surface water toxicity and chemicals from residential areas in Timor-Leste and Japan using larval himedaka (*Orizias Latipes var.*) acute toxicity assay. 第 54 回環境工学研究フォーラム, 2017 年 11 月, 岐阜大学 (岐阜県岐阜市)
- ② 関根雅彦. デイリ市における汚濁物質の流出機構に関する研究. 第 54 回環境工学研究フォーラム, 2017 年 11 月, 岐阜大学 (岐阜県岐阜市)
- ③ Ashraf ELSHEIKH. Applicability of passive sampler disks to collect time integrated river water samples for toxicity bioassay. Water and Environment Technology Conference (国際学会), 2016 年 08 月, 中央大学 (東京都文京区)
- ④ Ashraf ELSHEIKH. Evaluation of surface water quality using larval medaka (*Oryzias latipes*) acute toxicity assay combined with Passive Sampling & Active sampling. The 4th Conference for Enhancing Scientific Research (国際学会), 2016 年 07 月, Tanta 大学 (Tanta, Egypt)
- ⑤ Ashraf ELSHEIKHE. valuation of surface water quality in East Timor using larval medaka (*Oryzias latipes*) acute toxicity assay. H28 土木学会中国支部研究発表会 2016 年 05 月, 広島工業大学 (広島県広島市)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

関根 雅彦 (SEKINE, Masahiko)  
山口大学大学院・創成科学研究科・教授  
研究者番号：30163108

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

### (4) 研究協力者

Justino Da Costa Soares  
Sergio Freitas  
神野有生 (KANNO, Ariyo)