

(続紙 1)

京都大学	博士 (地球環境学)	氏名	TRAN NGUYEN QUYNH ANH
論文題目	Characterization of domestic wastewater discharge and its impact on material flows in urban Hue, Vietnam (ベトナム国フエ都市部における生活排水の排出特性及び物質フローへの影響)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>Under the pressure of rapid urbanization and economic growth, the protection of water environment has become more difficult and urgent than ever. Poor management of material flows in urban areas has led to a great amount of pollutant flows going to the environment and caused the serious pollution. It is considered that surface and ground water pollution is one of the biggest environmental concerns in urban areas in developing countries. Since domestic wastewater discharge potentially has an impact on material flows, proper understanding of its characteristics and impact can help in identifying solutions for better management of material flows. However, wastewater discharge has not been characterized well in most of developing countries. This research aims to study the characteristics of domestic wastewater discharge and its impact on the material flows in urban areas in developing countries, with a case study in urban Hue city, Vietnam. This dissertation consists of seven chapters.</p> <p>Chapter 1 stated the research background, objectives and research framework.</p> <p>Chapter 2 reviewed publications related to domestic wastewater characterization. Basic knowledge on material flow analysis (MFA) and the current state of using MFA in environmental management in urban areas were introduced.</p> <p>Chapter 3 presented the current state of drainage network and domestic wastewater management in Vietnam and in Hue city.</p> <p>Chapter 4 investigated characteristics of domestic sewage discharge, focusing on quantity and quality fluctuations over time. The research found that average discharge at the sewer outlet on dry days in dry season was 44.9 ± 5.4 L/cap/d in 2015 and 37.5 ± 7.3 L/cap/d in 2016, which was about half of that on dry days in rainy season (82.5 ± 9.1 L/cap/d in 2015, and 88.9 ± 35.5</p>			

L/cap/d in 2014). Hourly discharge flow rates on dry days fluctuated corresponding to the water consumption trends. Two peaks of discharge rates were observed on dry days from 6:00 - 16:00 and from 16:00 - 0:00, and the lowest rates were in the early morning (1:00 - 6:00). Meanwhile, discharge flow rates in rain events were affected by rainfall intensities. The study also provided information on quality of sewer discharge and pollutant loads from the sewer system. Domestic wastewater discharge in urban Hue was characterized by low concentrations of SS, nutrients, and organic matter with small proportion of particulate matter, and not strongly fluctuated among hours in a day. Per-day pollutant loads in study area were rather small compared to other areas and the fluctuation of per-hour loads had a resemble pattern with discharge flow rate. Quantitative relationships between flow rates and pollutants loads were also investigated.

Chapter 5 established a water balance for a combined sewer system. Water balances showed a similar pattern for all dry days in both of dry and rainy seasons. Meanwhile, on rainy days in rainy season, the pattern changed in rainfall intensity. It was noticeable that on dry days in dry season, discharge flow rates from the sewer outlet to a water body only accounted for 28.5% (in 2016) of total wastewater entered the sewer system. It means that a large amount of wastewater (71.5%) might be exfiltrated into the ground through sewer leakage.

Chapter 6 quantified the impact of domestic sewage discharge on phosphorus (P) and nitrogen (N) flow in an urban area in Hue. Sewage discharge was identified as the main source of P and N loads to the water body, which contributed 91.0% - 99.2% of total P and 96.1% - 99.6% of total N inputted to the water body. Contribution of sewage discharge to P and N inputted to a water body varied at different weather conditions. On dry days in dry season, 14.7% of P (20.7 g/ha/day) and 42.5% of N (267.1 g/ha/day) produced in the area were discharged to the water body. On rainy days in rainy season, these amounts increased greatly under the impact of heavy rain, which were 3 – 13 times higher than those on dry days in dry season.

Chapter 7 summarized the main conclusions of this research and the recommendations for further researches were given out.

(論文審査の結果の要旨)

ベトナムを含め多くの東南アジア途上国では、汚水処理施設が未整備あるいは不十分な一方、水洗式トイレの普及により尿尿由来の汚濁物が未処理・未回収で環境に排出されることとなり、大都市、地方都市、農村部を問わず、多くの場所で水質汚濁が顕在化している。このような水質汚濁の解析およびその対策の初期検討では、MFA (material flow analysis) がきわめて有効な手段であるが、そのベースとなる調査データがきわめて少なく、とりわけ地方都市においては、ほとんど情報がない。

本論文では、ベトナムのフエ市都市部において、水利用・排水状況のアンケート調査 (100件)、24時間水使用量調査 (23世帯各4回)、非降雨時1日連続排水水量・水質調査 (乾期4回、雨期11回)、降雨時流出調査 (4回)、1ヶ月連続流出量モニタリング (2016年3月、15秒ごと記録) を実施した。対象地域は、世界遺産「フエの建造物群」がある旧市街の一角にあり、主要産業である観光の観点から水質汚濁防止は喫緊の課題ではあるものの、排水路としての下水道はあるが、その処理は各戸の腐敗槽に依存し、終末処理場はまったくない状況である。従って、MFAにより汚濁流出のメカニズムを明らかにし、その適切な対処法を検討することはきわめて重要である。

本研究の学術的に重要な意義として、途上国の複雑な水・汚濁物の挙動を把握するため、多数の異なる調査を組み合わせることで研究を進めた点を挙げることができる。同地域は、先進国都市部の合流式地域と同様、下水管は雨水と汚水とを合流管で収集し、排除する形式ではあるが、汚水のうちトイレ排水は腐敗槽を経て移行し、その他の雑排水では下水管ではなく、直接地下浸透する部分も少なくない点で異なる。また、フランス植民地時代に一部が設置されて以降、その増設・回収などの情報も整備されておらず、下水管自身の性能も先進国と同様ではなく、雨期・乾期の大きな気象条件の違いもある。したがって、先進国の情報は直接利用できず、新たな調査が必要であるが、複雑な排出構造を明らかにするには、複数の調査を巧妙に組み合わせ、具体的に数値を得ることが重要である。本研究はその点に成功し、晴天時の雨期・乾期別、および雨天時 (乾期はほぼ降水がないため、雨期のみ) のMFAを算出することに成功している。また、これら解析で得られた負荷量などの数値の中には、ほとんど報告例のないものもあり、数値自身がきわめて貴重となっている。

一方、地球環境学における意義としては、家庭の水使用から排出、および水環境への負荷まで一連の過程として現象を把握することにより、流域全体でどのような対策・方策により、より健全な水環境を構築できるかを検討した点が上げられる。また、本研究は、社会的な意義でも価値が大きい。途上国ではたとえ下水道管網が整備され

ていても。下水管を通じての排除される水量・汚濁物量の多くは、晴天時・雨天時とも浸透により地下水に移行するか下水管内に堆積されていることを、本研究では明瞭かつ定量的に示した。このことは、仮に将来、このような地域で下水管を下水処理場に接続・処理しても、その効果は、きわめて限定的であることを示している。すなわち、フエのような途上国地方都市での環境水質改善のためには、単に既存下水管網を利用した下水処理場整備では、その効果は大きくないことを示し、行政は汚濁物の収集方法も含めて環境対策を検討する必要があることが明らかとなった。

以上の成果により、本研究は、地球環境学の発展に大きく貢献した。よって本論文は博士（地球環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年8月3日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公開可能日： _____ 年 _____ 月 _____ 日以降