

令和元年6月14日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K17662

研究課題名(和文) モンスーンアジアの都市化が湿地の水質浄化機能に与える影響の解明

研究課題名(英文) Effects of urbanization on water purification of wetlands in the monsoon Asia

研究代表者

乃田 啓吾 (Noda, Keigo)

岐阜大学・応用生物科学部・助教

研究者番号：60646371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、モンスーンアジアにおける湿地の水質浄化機能の定量評価に向けて、発生源ごとの流入負荷、土地利用ごとの流入水量について、雨季/乾季の季節変化を考慮した評価を行った。その結果、湿地の水質浄化機能は雨季の始めには顕著に発揮されたものの、雨季后半の増水時や十分な河川流量が維持されない乾季においては、浄化機能は小さかった。言い換えると、湿地への流入水量や負荷量を適切に管理することで、これらの機能を強化できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、明瞭な雨季と乾季を有するモンスーンアジアでは、降水量、河川流量の変動によって湿地の水質浄化機能が変動することを示した。この結果は、雨季の洪水を緩和し、乾季の河川流量を維持することによって、湿地の水質浄化機能を強化できることを示唆する。ここで得られた知見は、グリーンインフラとグレーインフラの組み合わせによるNature Based Solutionの社会実装に貢献する。

研究成果の概要(英文)：The influence of the inflow from urban areas and paddy fields on the seasonal variation of the water environment in the downstream wetland area was clarified for the Mak Hiao River flowing through Vientiane, the capital of Lao PDR. As a result, it is suggested that there is a capacity for the water purification function of the wetland, and that it is possible to utilize this function sustainably by appropriately managing the inflow volume and environmental load amount.

研究分野：水利環境学

キーワード：水環境 湿地 水質浄化 生態系サービス 農地 都市化 ラオス ビエンチャン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

モンスーンアジアでは、都市化の進展に伴う農村部の社会変化により、都市と農村を含む流域の水・物質循環が変化しつつある。ラオスの首都ビエンチャンでは、1970年代に市街地からタートルアン湿地へと排水を流下させる水路を掘削し、現在も都市部からの生活排水は未処理のままマグヒアオ川流域に流入しており、マグヒアオ川とそれに付随する湿地の水質浄化機能により浄化されると認識されている。また、ビエンチャンの都市周辺には水田や自然湿地が広がっており、都市河川の多くは、水田や湿地からの排水を水源としている。近年では、都市部の人口増加に伴う排出負荷の増大により、特に乾季における悪臭問題が顕在化してきた。

2. 研究の目的

これまで、マグヒアオ川流域における流量および水質に関して、いくつかの先行調査が行われたが、いずれも単発的な調査にとどまっている。そこで本研究では、通年で複数回の現地調査を実施し、マグヒアオ川の水質の季節変動を把握することを目的とした。

3. 研究の方法

対象流域は、ビエンチャンからの排水が流入するタートルアン湿地及びナクァイ湿地を含むマグヒアオ川流域 261km²とした(Fig.1)。水田地域から都市部への流入点(St1)、都市部からマグヒアオ川への合流点(St2, St3, St4)、水田地域からマグヒアオ川への合流点(St7, St8, St10)、マグヒアオ川本線(St5, St6, St9, St11, St12)の12地点において流量観測および水質分析用の採水を実施した(Fig.1)。

流量は、河道横断面を複数のセクションに分割し、水深と平均流速の積として求めた。流量観測は雨季に2回(2017年6月, 10月), 乾季に2回(2018年4月, 2019年1月), 計4回行った。

各観測点で採水したサンプルを冷蔵保存し、帰国後、水質を分析した。分析項目は、アンモニア態窒素, 硝酸態+亜硝酸態窒素, 全窒素, リン酸態リン, 全リン, 全有機炭素, 各態リンとした。また、採水時に水温, 電気伝導度および濁度を測定した。

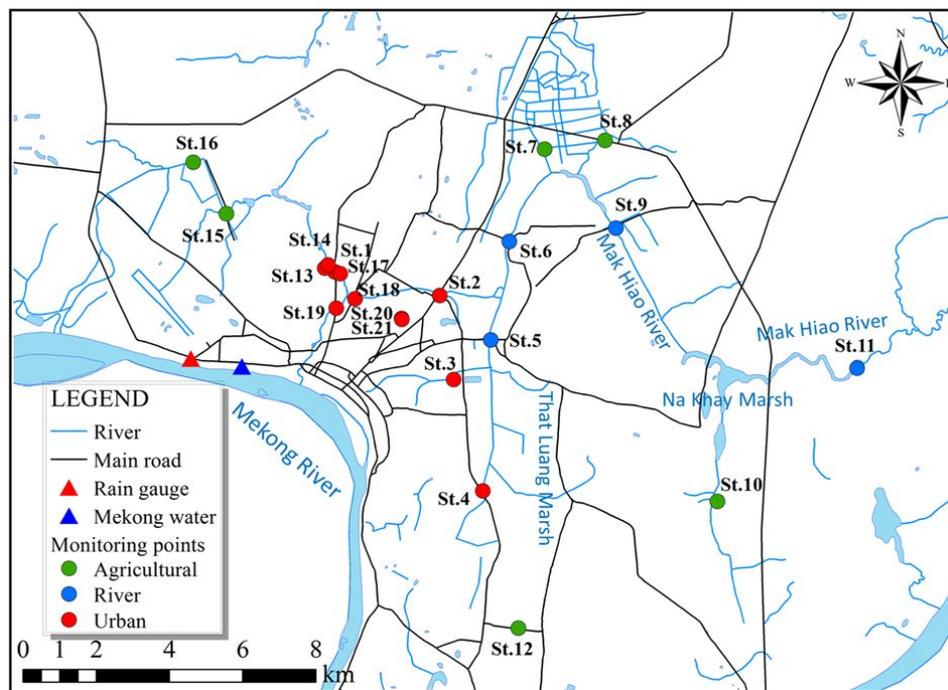


Fig. 1 マグヒアオ川流域の概観と観測点

4. 研究成果

各観測点における流量および比流量を Fig.2 に示す。4回の観測中、St1で3回、St5で2回、St6で3回、流量0または計測不能であった。この原因として、対象流域はメコン川の後背湿地に位置し、非常に平坦な地形であること、St1とSt2をつなぐホンセン水路は河川改修によって地形勾配と河川勾配が逆となっていること、等が挙げられる。特に、タートルアン湿地内の水路であるSt5およびSt6では流速が小さく、乾季にはホテイアオイ等の水草が水面を覆っていた。従来は、この湿地帯で都市からの排水を浄化し、時間をかけて流下していたと考えられるが、現在では、タートルアン湿地の大部分は商業地や集合住宅に開発されており、汚濁物質が集積しやすい環境となっている。

都市部からマグヒアオ川への合流点(St2, St3, St4)においては,雨季の値よりは小さいものの,乾季においても顕著な流量が観測された.特に,集水域人口密度約 3,800 人/km²と,人口過密地域を集水域とする St3 では,降水がほとんどない乾季においても,3mm/d 以上の比流量が観測された.これは,日常生活からの排水は,降雨の寡多によらず生じるためである.

水田地域からマグヒアオ川への合流点(St7, St8, St10)では,都市部からマグヒアオ川への合流点およびマグヒアオ川本線と比較し,雨季終盤の増水期(2017年10月)の比流量が,半分程度であった.これは,水田地域の有する洪水緩和機能によるもので,水田での降雨が,浅層地下水経路でゆっくりと流出したためである.現在は自然流下条件のため,流域全体への影響はわずかであるが,この3小流域の合計は54km²と流域全体の約20%に相当するため,この洪水緩和機能を積極的に活用することが期待される.

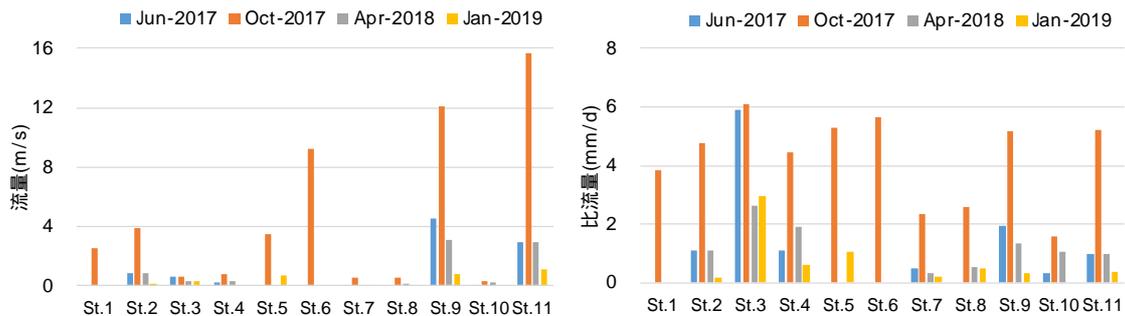


Fig. 2 流量および比流量の季節変動

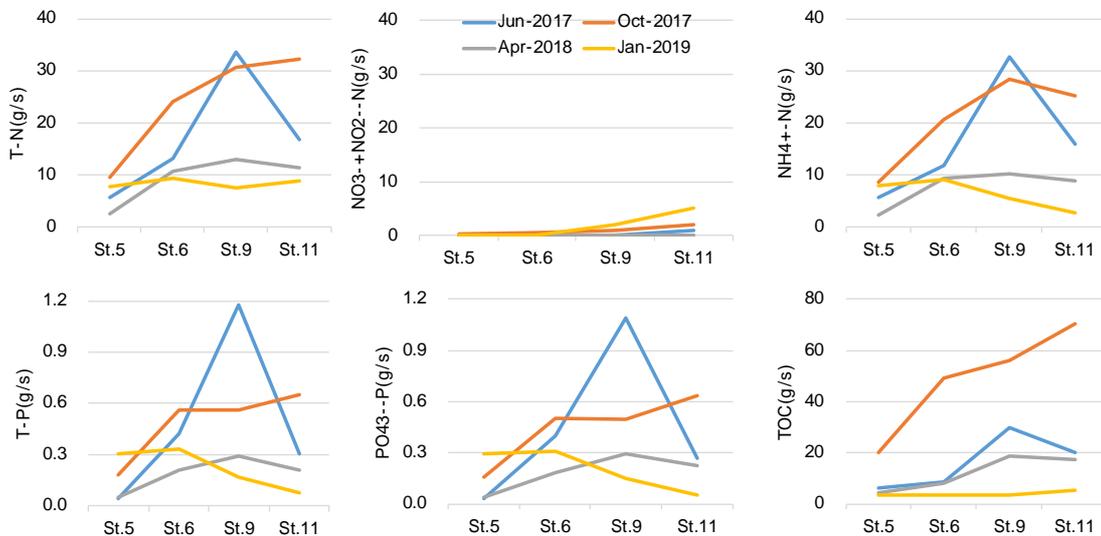


Fig.3 環境負荷フラックスの季節変動

マグヒアオ川本線の観測点における環境負荷物質のフラックスをFig. 3に示す.図の左から右に向かって上流の観測点から順に並んでいる.直線は観測時点ごとの値を結んだものであり,支線からの負荷流入がある場合は右上がり,流下過程で水質が浄化される場合は右下がりになる.

全窒素と硝酸態+亜硝酸態窒素,アンモニア態窒素の変動を比較すると,全窒素の大部分はアンモニア態窒素から構成されており,マグヒアオ川本線は雨季・乾季を問わず溶存酸素濃度が低い還元状態にあることが推察される.

雨季の2時期(2017年6月と10月)のフラックスを比較すると,雨季の始めにあたる2017年6月では,全窒素,アンモニア態窒素,全リン,リン酸態リン,全有機炭素のフラックスがSt9からSt11へ流下する過程で減少した.この区間,マグヒアオ川はナカイ湿地を流れており,湿地の浄化機能が発揮されたものと考えられる.一方,雨季の終わりにあたる2017年10月には,同じ区間で,全窒素,全リン,リン酸態リンおよび全有機炭素は増加,アンモニア態窒素は減少した.2017年10月のSt9,St11における比流量はいずれも5.2m/dとなっており,ナカイ湿地を速やかに流下し,浄化機能が十分に発揮されなかったものと推察される.

乾季の2時期(2018年4月,2019年1月)のフラックスを比較すると,2018年4月のフラックスは,St5からSt9の区間で増加,St9からSt11の区間で減少しており,ナカイ湿地での浄化が生じていたのに対し,2019年1月では,St6からSt9の区間でもフラックスが減少した.2019年1月は,観測を行った4時期の中で最も河川流量が小さく,St6以降流下する過程において,汚濁物質の河床への沈降が促進されたものと考えられる.

雨季と乾季のフラックスを比較すると,全体的に雨季の値は乾季の値よりも大きく,その差

は St6 から St9 の区間で顕著であった。これは、表面流による面源からの流入に加え、河床に沈降した汚濁物質の巻き上げが生じたあった可能性がある。2019 年 1 月にこの区間でフラックスが減少した全窒素、アンモニア態窒素、全リン、リン酸態リンおよび全有機炭素のフラックスが、2017 年 6 月に顕著な増加を示したと整合的である。

本研究では、モンスーンアジアにおける湿地の水質浄化機能の定量評価に向けて、発生源ごとの流入負荷、土地利用ごとの流入水量について、雨季/乾季の季節変化を考慮した評価を行った。その結果、湿地の水質浄化機能は雨季の始めには顕著に発揮されたものの、雨季後半の増水時や十分な河川流量が維持されない乾季においては、浄化機能は小さかった。言い換えると、湿地への流入水量や負荷量を適切に管理することで、これらの機能を持続的に活用できる可能性が示唆された。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

Fukuda, S., Noda, K., Oki, T.: How global targets on drinking water were developed and achieved, *Nature Sustainability*, 査読有, 2, 2019, 429-434.

Doi: 10.1038/s41893-019-0269-3.

Kimura, M., Noda, K., et al. (2/8): Seasonal characteristics of surface water quality in a wastewater catchment system of an urbanizing basin. *Paddy and Water Environment*, 査読有, 16, 2018, 519-531.

Doi:10.1007/s10333-018-0645-z.

[学会発表] (計 5 件)

乃田啓吾、他 9 名：ラオス・ビエンチャンの表流水水質の季節変動、水文水資源学会、2018 年

乃田啓吾、他 7 名：ラオス・ビエンチャンにおける湿地の浄化機能に関する予備調査、農業農村工学会、2017 年

Keigo Noda, and 2 coauthors : Co-design of adaptation to Climate Change with the current strategy in the water management sector in Thailand -A concept for multi-criteria analysis-, the 5th International Workshop on Recent Progress in Agriculture and Water Management in Asia, 2017.

Keigo Noda, and 6 coauthors: Seasonal variation of water quality in urbanizing watershed in Southeast Asia, PAWEES 2017 International Conference, 2017.

Keigo Noda: Effects of Climate Change and Socio-economic change to sediment yield - A case of Upper Citarum River Basin-, International Conference on Climate Change (Invited speaker), 2017.

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：木村 匡臣

ローマ字氏名：Masaomi Kimura

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。