

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：82114

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K12577

研究課題名（和文）トンレサップ湖岸域の土砂輸送と地形発達プロセスの地域特性

研究課題名（英文）Local characteristics of sediment transport and landform development processes along the coast of Lake Tonle Sap

研究代表者

南雲 直子（NAGUMO, NAOKO）

国立研究開発法人土木研究所・土木研究所（水災害・リスクマネジメント国際センター）・専門研究員

研究者番号：00599665

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、カンボジアのトンレサップ湖の流入支川を対象に、モンスーン的作用による湖水位及び河川水位・流量の季節変動に着目しながら、流れや流路、地形の特性、土砂輸送の季節変化の機構を検討した。主な対象地域としたセン川下流域においては、トンレサップ湖の影響を受けて洪水流は堰き上げられ、河口近くでは水没する場所があることを確認した。セン川下流域の土砂輸送はこのような季節変化の影響を受けるために、流路幅は河口に向かって狭くなること、河床材料の淘汰がよく縦断分級すること等を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、水理・水文環境の季節変動を伴う、モンスーン環境下における河川の土砂輸送特性を整理するとともに、カンボジアの複雑で多様な生態系を支える湖岸の地形特性や形成史の一端を明らかにしようとする点で学術的に有意義であると考えられる。また、開発や気候変動等によって従来の環境が変化する、あるいは失われつつある中で、湖岸域の生態系の持続可能性や災害脆弱性、受け得るインパクトへの対応を検討する上での基礎資料としても本研究の必要性は高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, the Lake Tonle Sap in Cambodia and the tributaries that flows into the lake were selected as a study area, by focusing on seasonal changes in the lake level and the water level and discharge of the tributaries, and the characteristics of flow, channel and topography as well as the mechanism of seasonal changes in sediment transport were examined. In the the main target area, the lower Stung Sen River, some areas near the river mouth are submerged due to back water effect of the lake. Sediment transport in the lower Stung Sen River is affected by such seasonal changes, which reveal that the channel width becomes narrower toward the mouth and the bed materials are well sorted, changing the particle size longitudinally.

研究分野：地理学

キーワード：土砂輸送 モンスーン 河床材料 粒度分布 季節変化 河口水位変動

1 . 研究開始当初の背景

カンボジア中央部に位置するトンレサップ湖は、毎年雨季になるとメコン川の洪水を受け入れるため、面積が乾季の3~5倍に拡大することが知られている(MRC, 2005)。トンレサップ湖岸域の地形は流入支川からの土砂供給とメコン川の洪水流入及び湖水位の周期変動、湖岸域の流れの相互作用等で形成されると考えられ、なかでも流入支川からの土砂供給と、土砂の輸送・堆積が重要な役割を演ずるが、その過程は地形勾配や土砂の粒径、流域面積といった支川ごとに異なる条件に支配される。また、湖の南西岸や北東岸には湖岸平野がよく発達する一方で、北西岸や南東岸には山地や台地が迫り、湖の出口ではトンレサップ川による逆デルタが形成されるなど、場所によって湖岸の地形は多様である。そのため、流入支川の土砂輸送の様相には場所ごとに変化が生まれているものと予想される。

国内の経済発展に伴ってトンレサップ湖岸域の開発は進み、大幅な変化の途上にある。このような開発や将来の気候変動は地域に複雑な課題をもたらすと考えられるが(たとえば、Keskinen et al., 2013)、これに対応するには、湖岸の地形発達に重要な役割を果たしていると考えられる、流入支川への理解が必須である。ところが、トンレサップ湖そのものの発達史に関する研究の蓄積はあるが(たとえば、塚脇ほか, 1997; Kummum et al., 2008; Penny, 2006)、流入支川を扱った研究は少ない。トンレサップ湖岸域の土砂輸送や地形発達において、各流入支川がどのような個性や地域性を持ち、どのような役割を担っているのか、湖水位の周期変動やメコン川の洪水流入の影響を考慮しながら検討することが必要とされているように思われる。

引用文献

塚脇ほか(1997) 14C年代からみたトンレサップ湖北部湖底における過去約6000年間の堆積速度。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 8, 125-133.

Keskinen et al., (2013) Tonle Sap now and in the future? Final report of the Exploring Tonle Sap Futures study. Water and Development Publication, Aalto University.

Kummum et al. (2008) Impact of the Mekong River Flow Alteration on the Tonle Sap Flood Pulse. *Ambio*, 37 (3), 185-192.

MRC (2005) Overview of the Hydrology of the Mekong Basin. Mekong River Commission, 73p.

Penny (2006) Holocene history and development of the Tonle Sap, Cambodia. *QSR*, 25, 310-322.

2 . 研究の目的

研究事例の極めて少ないカンボジアのトンレサップ湖流入支川を対象とし、各流入支川の位置や洪水流量及び土砂量、メコン川の洪水流入及び湖水位の周期変動、及び、湖岸域の流れといった条件に着目して、各支川の土砂供給がトンレサップ湖岸域の地形発達にどのように寄与しているのか、明らかにすることを目的とする。特に、流入支川の土砂輸送・地形発達プロセスの季節変化の機構、トンレサップ湖岸の地形形成における各流入支川の役割、に焦点を絞ってこれらを推進する。このような研究は、水理・水文環境の季節変動を伴う、モンスーン環境下における河川の土砂輸送特性を整理し、カンボジアの複雑で多様な生態系を支える湖岸の地形特性や形成史の一端を明らかにしようとする点で学術的に有意義であると考えられる。また、開発や気候変動等によって従来の環境が変化する、あるいは失われつつある中で、湖岸域の生態系の持続可能性や災害脆弱性、受け得るインパクトへの対応を検討する上での基礎資料としても本研究の必要性は高いと考える。

3. 研究の方法

地形図や各種衛星画像を判読し、湖岸域における流入支川の流路の形態や微地形、雨季の浸水特性を調べるとともに、勾配などの地形量を計測する。これを踏まえて現地調査を実施し、地形測量や河床材料および沖積層を構成する堆積物の採取・分析を行って、土砂輸送や微地形の特性を把握する。さらに、水位・流量データを収集し、対象地域の水理・水文が季節ごとにどのように変化するのか分析する。これらを統合し、メコン川からの洪水流入に伴う湖の拡大や、それに伴う堰上げを考慮した上で、各支川の土砂輸送特性および地形発達プロセスを明らかにする。

4. 研究成果

2018年度には水文データの収集および現地調査を行い、トンレサップ湖の水位変化は年周期で起こり、雨季と乾季の水位差は数メートルと大きいこと、湖岸域は周期的に水没しているために、流入支川は河口水位変動の影響を強く受けることを確認した。乾季に実施した現地調査では、河川水位が低下して河床が露出していたことから、縦断的に河床材料・河岸材料の観察および採取を行うことができた。これらは、図1に示す最大の流域面積を持つ流入支川、セン川（Stung Sen 川）を対象に行ったもので、比較のために隣接するスタウン川（Stung Staung 川）でも同様の調査を行った。両河川は人の手がほとんど加わっておらず、自然状態の河川のふるまいを観察するのに適していると考えた。現地調査においては、河岸沿いの住民に聞き取り調査も行い、雨季に毎年越水し、流路が水没する場所とそうでない場所があること、近年は川からの揚水によって従来行われていなかった乾季米の栽培が進められていること、住民らが乾季の水不足を不安視していること等も合わせて確認した。

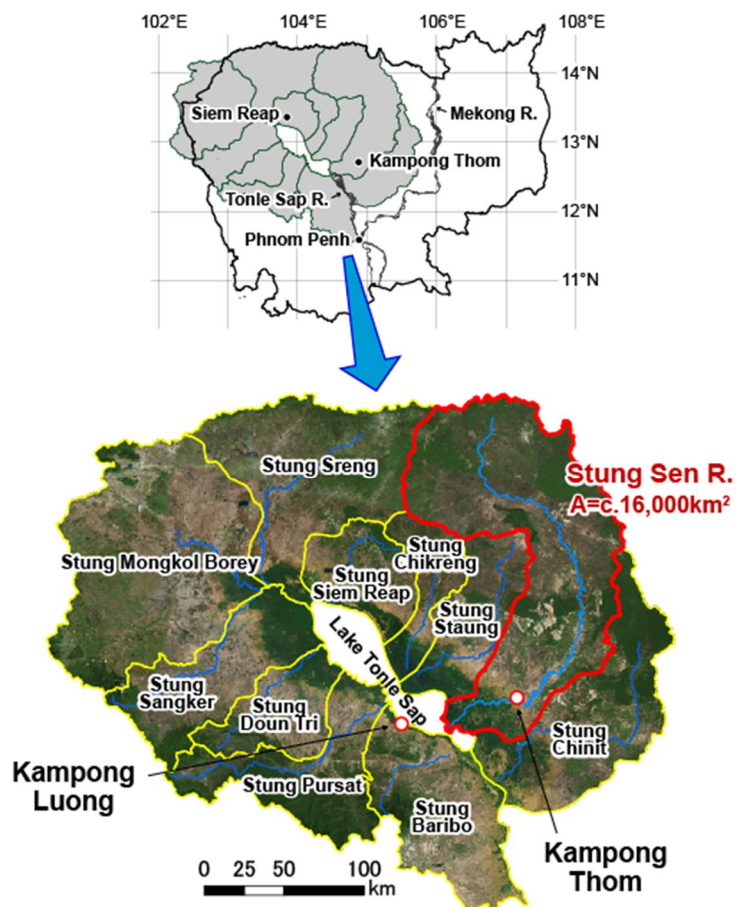


図1 対象地域位置図

研究期間中は現地調査を継続的に行うことを計画していたが、新型コロナウイルスの影響により以降の現地渡航が難しい状況になった。そのため、以降は2018年度に実施した現地調査結果の分析を中心に研究を推進するものとした。また、2021年度には、対象としているトンレサップ湖の流入支川と同様に河口域の水位変動が周期的に起こる河川として、日本の有明海流入支川の研究を別途進めた。なお、本課題の研究期間は2018～2020年度の3年間を予定していたが、現地調査が思うように進められない状況となったために、最終的に2022年度まで延長した。

図2は、上記検討の過程で明らかになった、セン川下流域における川幅の縦断変化を示したものである。この場所ではトンレサップ湖の影響を受けて洪水流は堰き上げられ、河口近くでは水没する場所があることが分かった。トンレサップ湖から20～80 km区間の勾配は約1/10000程度であり、川幅は最も狭い。さらに、80 kmから180 km区間における勾配は6/100000程度で蛇行区間であるために、80～140 mの範囲で変動している。また、200 kmより上流では流路が山地から平野部に接続するところであるために、川幅が急に広がる領域があることが分かった。さらに、河床材料は非常に淘汰がよく縦断分級を示すが、川幅と同様に湖の変動に伴う堰き上げの影響を受けていることが分かった。この結果は、2021年の第34回国際地理学会議にて発表した(Nagumo et al., 2021)。

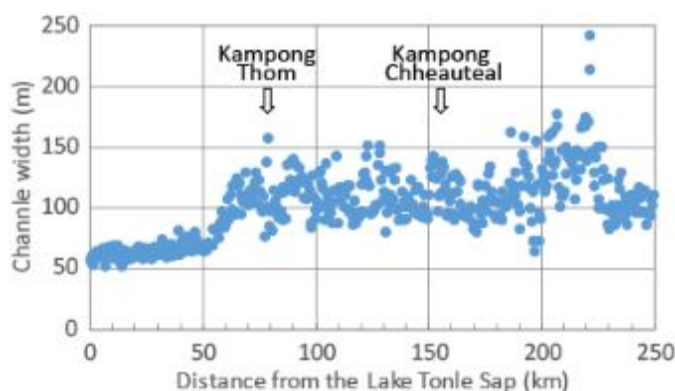


図2 セン川下流域における川幅の縦断変化

2021年度には熊本県の白川流域を新たに選定し、出水期の土砂輸送および河口水位変動に着目して現地調査を行った。上流域に阿蘇山を持つ白川では土砂生産量が多く、昭和28年洪水に代表されるように、出水時には「ヨナ」と呼ばれる土砂の堆積がみられるのが特徴である。微地形の分析および現地調査の結果、大規模な洪水時には「ヨナ」が熊本市中心部で活発に氾濫して、扇状地を発達させていること、昭和28年洪水時の熊本市中心部の水位および土砂堆積深をはじめとする過去の洪水履歴からみると、白川沿いの氾濫リスクは右岸よりも左岸で高いことが分かった。さらに、河口の有明海は潮差が大きいので、セン川と同様に、河口水位変動が比較的大きいために堰き上げが生じ、流路の形成に影響を及ぼしていることや、下流まで輸送された「ヨナ」が分級しながら輸送されて河口干潟の形成に貢献していることが分かった。2022年3月には、熊本市で開催された防災ワークショップにて、これらの成果の一部を住民らに共有した。

2022年度半ばには現地渡航が可能となったため、乾季に追加調査を行うことができた。2018年度の現地調査以降、特に河床材料や土砂輸送に特に注目しており、調査は乾季に河川水位がよく下がった状態で行う必要があった。そのため、現地調査は3月となり、研究期間中にこの調査で得られた結果を取りまとめるまで至らなかった。しかし、河口水位変動を受ける環境下での河床

材料の縦断分級の傾向が想定していた通りであることを確認しており、さらに分析を進め、引き続き研究を発展させたい。また、研究期間中に明らかとなったセン川の土砂輸送特性や、河口水位変動、すなわちトンレサップ湖水位の周期変動が流路をはじめとする地形発達に及ぼす影響は、第10回国際地形学会議で発表し、出席者らと議論を交わすことができ、大きな手ごたえを感じた (Nagumo and Egashira, 2022)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 NAGUMO Naoko, EGASHIRA Shinji	4. 巻 131
2. 論文標題 Multi-decadal Landform Evolution in the Sittaung River Estuary, Myanmar	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Geography (Chigaku Zasshi)	6. 最初と最後の頁 427 ~ 445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5026/jgeography.131.427	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 南雲直子	4. 巻 90 (4)
2. 論文標題 カンボジア低地部の水と暮らし	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 科学	6. 最初と最後の頁 0290 ~ 0292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Nagumo, N. and Egashira, S.
2. 発表標題 Effect of water level variation on the channel in the river mouth
3. 学会等名 10th International Conference on Geomorphology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 南雲直子, 傳田正利, 原田大輔, 小池俊雄, 江頭 進治, 新屋孝文
2. 発表標題 洪水被害軽減に向けた仮想避難体験プログラム提供の試み
3. 学会等名 日本地理学会2022年春季学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nagumo, N., Egashira, S., Kubo, S. and Ben, B.
2. 発表標題 Characteristics of river morphology and bed materials in a tributary river influenced by Lake Tonle Sap
3. 学会等名 34th International Geographical Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南雲直子, 江頭進治, 久保純子
2. 発表標題 セン川下流域の川幅と河床材料の粒度分布特性について
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2021年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nagumo, N., Harada, D., Ahmed, T.S., Egashira, S.
2. 発表標題 Bank erosion owing to tidal currents and its impact on village distribution on the Sittaung River estuary, Myanmar
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南雲直子, 江頭進治, 久保純子, BEN Bunnarin
2. 発表標題 湖水位の影響を受ける河川の地形および材料特性ートンレサップ湖に流入するセン川を対象としてー
3. 学会等名 日本地形学連合2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 船引彩子, 久保 純子, 南雲 直子, 山形 真理子, グエン キエン
2. 発表標題 メコンデルタ、オケオ遺跡における古代運河の形成
3. 学会等名 日本地理学会2019年春季学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	江頭 進治 (Egashira Shinji)		
研究協力者	久保 純子 (Kubo Sumiko)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------