

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 8 月 29 現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22404010

研究課題名（和文）パラオ共和国での傾斜地におけるガリ発生・赤土流出が自然環境に及ぼす影響調査研究

 研究課題名（英文）The influence of development on the amount of red-clay runoff
in Republic of Palau

研究代表者

菅 和利（KAN KAZUTOSHI）

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：70052884

研究成果の概要（和文）：

観光資源が主たる資源のパラオ共和国においては、宅地造成、農地開墾（焼畑）など土地利用形態の変化に伴う赤土流出と自然環境への影響は総合的視点から検討すべき課題である。本研究ではパラオ共和国での国土管理の指針を提供することを目的とし、赤土流出量の現地観測とモデル計算とを行った。造成地からは、草地・裸地の約 300 倍の年間約 700 t/ha の赤土流出量が観測された。観測値はモデル計算での推定結果とよく対応していた。また、環境保全の観点から旅行者数と環境容量についての検討も行った。

研究成果の概要（英文）：

Republic of Palau has two development strategies. One is the increase in the population by attraction of foreign company. For these purposes, development of a residential section and a company lot are needed. The change of land use pattern will induce the increase of clay runoff and affects to natural environment and coral reef. We measurements were made continuously for two years to estimate the red clay runoff discharge from land development area. As a result of estimating the amount of sediment discharge from developed area, it was the amount of sediment discharge of about 700 t/ha/yr. This amount was corresponding to model calculation.

Moreover, we also were discussing the environmental acceptable capacity and the number of tourists from the point of view of natural environmental preservation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2011 年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2012 年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	11,800,000	3,540,000	15,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：水工水理学

キーワード：

赤土流出、浸食、土地開発、現地観測、観光資源、環境容量、パラオ共和国

1. 研究開始当初の背景

パラオ共和国は太平洋島国の一つで、第

二次世界戦争中には日本が統治し、農業生産を根付かせようとした国である。この期間には日本型の水田開発、灌漑施設の整備、パイナップル栽培、リン鉱石の採掘などを行った。地元住民と日本人との共同した国づくりが進められた期間であった。戦後アメリカの統治国として援助の元に国が経営されてきた。アメリカからの援助が終了し、自国の資源で国家を運営しなければならなくなり、開発による国家収入増加の計画も公表されている。しかし、現在では、一部自給自足のためのタロイモ畑、サトウキビ畑を家の周辺に開墾しているが、食糧、エネルギーなどの大部分はアメリカの援助に依存している。主な収入源は観光業であり、ダイビングを中心に訪れる観光客は8万人を越えようとしている。人口2万人に対して8万人の観光客は貴重な環境資源に大きな外圧となっている。山林は焼畑と果樹栽培のために開墾され、いたるところでガリが発生し、出水に伴う赤土流出が年々増加している。この赤土流出が貴重な観光資源であるサンゴに影響するのではと危惧され始めている。

また、都市基盤の整備として道路建設、都市整備などに伴っても、土砂流出が湾内の水質と珊瑚への影響が危惧され始めています。農地開墾、農村の生活形態の変化も自然環境に影響を与えています。パラオ国民が大事に守ってきた自然環境が自らの生活の変化に伴って少しずつ変化してきており、科学的、工学的視点での検証と持続ある発展へのシナリオが必要である。

2. 研究の目的

本研究ではパラオ共和国での傾斜地のガリ発生・赤土流出現象を把握すると共に、サンゴなど環境資源への影響について調査を行い、ガリ発生・赤土流出への開発・営農形態の影響などをモデル計算から検証することを目的としている。この際に地形、気候の類似した石垣島での研究成果のパラオでの適用性を調査すると共に、防止策の有効性を現地実験で確認する。

また将来に亘っての環境保全のためには、国土管理術を構築できる人材育成が重要で、現地との共同調査などを通じた人材育成をも視野に入れている。これらを総合して国土管理についての将来への指針を提供することを目的としている。

パラオで年間連続観測は困難であり、短期間での観測の繰り返しと、現地コーラル



センターとの連携を検討したい。予備調査で赤土輸送量の測定データの存在を確認しているが、説明が曖昧でデータの質に課題がある。測定データの活用目的が不明確で、データを持っていることのみでのセンター担当者の存在意義を意識しているようである。これら現地技術者との連携の過程で、測定技術、学術的なレベルアップへの支援ができると思われる。測定には学生の参加を予定しており、単に研究補助員としてだけでなく、この研究に参加したことにより複合的な問題の解決手法を身につけ、実践的な技術者育成への一助となる経験をさせたいと思っている。

現地での観測では簡易、ポータブルな流速計、濁度計、水質分析計を携行して利用する予定である。手持ちの測定器を持ち寄ることで新規の観測機器の購入は控え、できるだけ現地での調査回数を確保する。

3. 研究の方法

(1) 対象地概要

対象地は、パラオ共和国バベルダオブ島ガリキル川流域南部とした。ガリキル川流域南部は人口集中地域であるコロールから交通の便が良く、種々の土地開発によって裸地状態の造成地が存在している。パラオ共和国の観光業発展という国家方針から、今後も土地開発は活発に行われる見込みである。それに伴い本対象地では、現在造成期間中であり裸地状態の造成地が存在している。2010年頃、流域南部に約3haの土地が開発され、2012年9月時点においても裸地状態にある。

本対象地において、造成地が無い上流側を上流域、造成地が存在する下流側を下流域と設定し、観測地点を設けた。上流域の観測地点を上流地点、下流域の観測地点を下流地点と称す。造成地から流出する土砂は、支流を経由してガリキル川に流入

し、下流地点で観測される。

上流域および下流域のほとんどが森林および草地で構成されており、利用されていない土地が多い。

(2) 観測方法

各観測地点において、河川に濁度計、圧力式水位計、電磁流速計を設置し、周辺に転倒升式雨量計を設置した。水位、流速、濁度の連続計測を流心の位置において 10 分間隔で行っており、2010 年 11 月から 2012 年 9 月現在まで継続している。得られた計測値を用いて、断面平均流速、流量、SS 濃度、土砂流出量を算定した。

本観測によって得られる水位および流速から、対数分布則を用いて流速計を設置した河床における摩擦速度を算出した。その摩擦速度からエネルギー勾配を算出した。粗度係数は、横断方向の粗度に違いが見られることから、合成粗度を用いた。断面内の植生が繁茂している部分および河岸が突出している部分は粗度係数を大きく設定した。エネルギー勾配、径深、合成粗度係数から、 Manning 式を用いて断面平均流速を算出し、通水断面積を乗じて流量を算出した。

また、現地調査の際に、現地関係者からのヒアリングを行い、環境容量等についての基礎データを収集した。

4. 研究成果

(1) 造成地における土砂流出量

単位面積当たりの年間総土砂流出量は、上流域では 2t/ha/y、下流域では 25t/ha/y となり、その差はおおよそ 13 倍であった。その増分は全て造成地における土砂流出によるものと仮定することで造成地からの土砂流出量を推定したところ、610 t/ha/y となった。これは、造成地が無い上流域と比較するとおおよそ 320 倍であり、著しく大きい。ガリキル川流域における未舗装の道路で 1220 t/ha/y、農地で 720～813 t/ha/y、裸地で 220～445 t/ha/y の土壌侵食が発生しており、またガリキル川流域の土



壤侵食許容値は 12.5 t/ha/y である。造成地における土砂流出量は 610 t/ha/y であり、未舗装の道路や農地より小さいが、裸地よりも大きかった。造成地の土砂流出量が裸地よりも大きくなったのは、重機による土壌の攪乱行為が繰り返行われていたため、土壌の受食性が増大したと考えられる。また、上流域の土砂流出量は 2 t/ha/y であり、これはガリキル川流域における土壌侵食許容値を十分に下回っており、造成地が無い上流域における土砂流出量は、許容される範囲内である。

(2) WEPP を用いた造成地における土砂流出解析

WEPP を用いた造成地における土砂流出解析を行った。土地開発前の状態を想定し、地形を単純斜面(斜面長 200m, 勾配 15%)、土地利用を草地とした場合、土砂流出量は 2 t/ha/y であった。この値は、現地観測から得られた上流域における土砂流出量と同程度であり、WEPP による解析結果が概ね妥当であることが伺える。次に土地の開発行為によって土地利用が裸地に変更された場合を設定した結果、土砂流出量は 1386 t/ha/y となり、著しく増加した。この値は、現地観測から得られた造成地における土砂流出量の 610 t/ha/y より著しく大きい結果となった。現況の造成地の地形はテラス状に切盛されており、テラス地形に近い。そこで、地形対策として地形を 4 段のテラス(平坦部：斜面長 45m, 勾配 1%, 法面部：斜面長 5m, 勾配 120%)を想定したところ、土砂流出量は 780 t/ha/y となり、現地観測によって得られた数値に近い値となった。また、このような地形対策によって単純斜面で裸地の場合と比較して 44% の土砂流出が削減される対策効果が示された。テラス地形の法面部は急勾配であり、侵食量が大きいため、法面緑化を想定し、法面部を草地とした場合、土砂流出量は 53 t/ha/y と算定され、93% と高い削減率となった。さらに、平坦部にも植生被覆を施すことを想定し、テラス地形の全体を草地とした場合、21 t/ha/y となり、大きな対策効果が見込まれた。以上より、WEPP は造成地などの土砂の生産源における現況や対策効果を解析する有力な手法であることを検証することができた。

今後、観光業の発展とサンゴ礁等の生態系の保全を両立できる将来計画を検討する必要がある。そのためには、現地観測を継続することによって確度の高い土砂流出の現況を把握することや、流域スケールでの土砂流出を WEPP を用いて

解析することによって開発可能面積や位置を検討することが課題である。

(3) 観光と環境の調和について

2010年から2012年まで実施した4回の現地調査を通して、パラオ共和国の観光産業の開発での課題を明らかにすることができた。経営的視点では、外国資本の土地利用と共同経営体制に関する門外、パラオ人及び外国人の雇用に関する問題が存在する。また、近年の環境客の増加と観光目的や行動の変化への対応や、観光客も巻き込んだ環境保護への対応策を検討することも大きな課題である。また、パラオでは外国からの資本投下によってパラオ国民に経済的不平等を生んでしまったり、JICAなどの技術援助がパラオ政府の自立達成に直結していないというジレンマも少なからず存在した。

今回の調査を進めるなかで、パラオ政府の環境保全及び観光開発に対する意識の高さを知ることができた。今後は、国民全体が優先すべきにんしきとしてその美しい自然環境を守る意識を共有すること、それが経済的にも健康的にも国民生活の改善につながるといふ実感を持たせることが肝要であり、パラオ国民のいしとして環境を守り、観光客にも恩恵を分け与えるという姿勢を作ることが理想である。2012年のロックアイランドの世界遺産への登録は、国民意識改革の大きなきっかけを提供すると期待できる。

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 菅 和利、大澤和敏、The influence of development on the amount of red-clay runoff in the Republic of Palau、World Engineering Forum 2.12、査読有、2012、pp. 205-213

② 工藤将志、大澤和敏、菅 和利、佐藤航太郎、池田駿介、パラオ共和国ガリキル川流域での土地開発に伴う土砂流出の現地観測および解析、土木学会 水工学論文集、査読有、57巻、2013、pp. 937-942

③ 大久保あかね、パラオ共和国におけるエコツーリズム(1)、富士常葉大学研究紀要、査読有、第13号、2013、3pp. 35-47

〔学会発表〕(計5件)

① 菅 和利、石井千晶、佐藤航太郎、大澤和敏、パラオ共和国の造成地からの赤土流出量算定への粒度分布の影響、土木学会全国大会学術講演会、日本大学、9月4日、2013

② 菅 和利、大澤和敏、佐藤航太郎、パラオ共和国での造成地からの流出特性を考慮した赤土流出量の推定法の研究、土木学会全国大会学術講演会、名古屋大学、9月7日、2012

③ 工藤将志、大澤和敏、菅 和利、パラオ共和国における土地開発が土砂流出に与える影響、農業農村工学会、北海道大学、9月18日、2012

④ 菅 和利、大澤和敏、佐藤航太郎、河野晃寛、工藤将志、パラオ共和国での赤土流出に及ぼす宅地造成の影響について、土木学会全国大会学術講演会、愛媛大学、9月8日、2011

⑤ 菅 和利、大澤和敏、佐藤航太郎、河野晃寛、工藤将志、パラオ共和国での濁質輸送量測定 of 自動観測体制について、土木学会全国大会学術講演会、愛媛大学、9月8日、2011

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菅 和利 (KAN KAZUTOSHI)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：70052884

(2) 研究分担者

大澤 和敏 (OSAWA KAZUTOSHI)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：30376941

(3) 研究分担者

赤松 良久 (AKAMATU YOSHIHISA)

山口大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：30448584

(4) 研究分担者

恵 小百合 (MEGUMI SAYURI)

江戸川大学・社会学部・教授

研究者番号：00286189

(5) 研究分担者

大久保 あかね (OKUBO AKANE)

富士常葉大学・経営学部・教授

研究者番号：80434538

(6) 研究分担者

岡本峰雄 (OKAMOTO MINEO)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・教授

研究者番号：70345403