

## 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 Sediment Runoff from Land Development in Republic of Palau

○工藤 将志\* 大澤 和敏\*\* 佐藤 航太郎\*\*\* 菅 和利\*\*\*\* 池田 駿介\*\*\*\*  
○Masashi KUDO\*, Kazutoshi OSAWA\*\*, Kotaro SATO\*\*\*, Kazutoshi KAN\*\*\*, Syunsuke IKEDA\*\*\*\*

### 1. 背景および目的

サンゴ礁は外見的な価値を有するとともに、海洋において貴重な生態系を構成している。しかし現在、世界中のサンゴ礁の22%が土壌侵食と陸地由来の汚染の影響を受けており<sup>1)</sup>、また陸域での開拓が進んだ国では50%が危機に晒されている<sup>2)</sup>。ミクロネシアに属するパラオ共和国では2006年、各国や周辺地域と共に「ミクロネシア・チャレンジ」を宣言し、2020年までに沿岸地域の30%と森林資源の20%が有効な保護下に置かれることを目標としている。しかし、アイライ州ガリキル川流域では外国資本による土地開発が進行している。アイライ湾では1.5 t/ha/yの速度で泥が堆積し、サンゴ礁が泥に覆われている<sup>3)</sup>。また、河口域における土砂の堆積量や浮遊物質濃度（以下、SS濃度）とサンゴの個体数や個体密度には相関がある<sup>4)</sup>と示され、陸域からの土砂流出が問題視されている。

そこで、本研究では陸域における土砂流出量の定量化を行うと共に、流域内の土地開発が土砂流出に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 研究方法

パラオ共和国アイライ州ガリキル川流域南部を対象とし、その概要をFig.1に示した。ここでは地表面が裸地状態の造成地が存在している。集水域に造成地が含まれない上流域と、造成地が含まれる下流域に観測地点を設置し、それぞれ上流地点、下流地点とした。土地利用面積をTable 1に示した。

観測地点に各種計測機器を設置し、雨量、水深、流速、濁度の連続観測と採水、横断面測量を行った。計測は2010年11月から2012年3月まで継続し、流速のみ2011年7月からとなっている。

水深、流速、河川断面形状から対数分布則と Manning 式を併用して流量を算出し、それと水深との関係から、H-Q 曲線を作成した。採水試料より測定した SS 濃度と濁度との関係から作成される換算式を用いて、SS 濃度の連続値を算出した。また土砂流出量と流量との関係から L-Q 式を作成し、濁度欠測期間に適用した。

今後のモデル解析への試みとして、土壌侵食・土砂流出モデルである WEPP (Water Erosion Prediction Project) モデルを造成地に適用し、土砂流出抑制対策の試算を行った。気象データは観測値を組み込んで作成し、それ以外の各種データは既存のデータ (USDA より入手) を用いた。造成地の形状は、地形データ (USDA より入手) や GPS データを基に作成し、長辺 200m、平

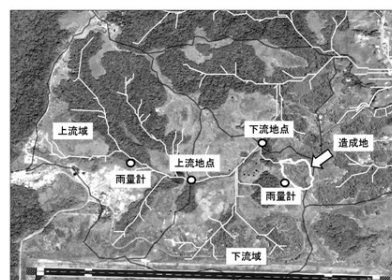


Fig.1 ガリキル川流域南部  
Southern part of Ngerikiil watershed

Table 1 流域内の土地利用面積  
Land use area in the watershed

	上流域	下流域	全体
流域面積	99ha	72ha	170ha
森林	49ha(49%)	16ha(23%)	65ha(38%)
草地	50ha(50%)	52ha(72%)	102ha(60%)
造成地	-	3ha(4%)	3ha(2%)

\* 宇都宮大学 大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Utsunomiya University)

\*\* 宇都宮大学 農学部 (Faculty of Agriculture, Utsunomiya University)

\*\*\* 芝浦工業大学 工学部 (College of Engineering, Shibaura Institute of Technology)

\*\*\*\* 建設技術研究所 (CTI Engineering Co., Ltd)

キーワード：流域土砂動態，土地開発，土壌侵食，WEPP，パラオ共和国

均勾配 15%の長方形とした。

### 3. 結果および考察

2011年9月28日~10月9日の流量とSS濃度を Fig.2 に示した。流量の挙動は類似しているが、SS濃度は下流地点で降雨への反応が顕著であり、小さい降雨でも高濃度の濁水が流出していた。これは造成地の表面が裸地であること、造成行為によって土壌構造が破壊されたこと、河道に堆積した土砂が降雨の度に再懸濁していることが要因と考えられる。

年間土砂流出量を Fig.3 に示した。なお、年間降水量は 4605mm であった。下流域では 1572 t/yr, 単位面積当たりでは 22 t/ha/yr となり、これは森林・草地から成る上流域における 2 t/ha/yr の約 10 倍であった。下流域における造成地以外からの単位面積当たりの土砂流出量を、上流域からの土砂流出量と同程度と仮定し、造成地からの土砂流出量を推定した結果、単位面積当たり 535 t/ha/yr の土砂流出量であった。これは上流域の 2.2 t/ha/yr と比較するとおよそ 240 倍にもなり、造成地における効果的な土砂流出抑制対策の実施が必要である。

造成地での土砂流出抑制対策を検討するために、斜面形状を単純斜面、テラス地形の 2 種類、地表面の状況を裸地、草地、法面のみ草地の 3 種類と設定し、WEPP モデルを適用した。なお、造成地の現状はテラス地形の裸地状態に相当する。適用結果を Table 2 に示した。勾配 15%の単純斜面で草地の場合、2 t/ha/y, 裸地の場合、1386 t/ha/y となった。裸地で地形を単純斜面からテラス地形にすることで 44%削減され、観測値に近づいた。さらに裸地・テラス地形に法面緑化を施すと 93%の削減率と試算された。

### 4. 結論

土地開発は流域における土砂流出の挙動に大きく寄与し、造成地の下流では森林・草地から成る流域と比較して著しく大きな土砂流出量が観測された。また、造成地からの土砂流出量を推定した結果、単位面積当たり 535 t/ha/yr の土砂流出量であった。造成地における効果的な土砂流出抑制対策を検討するため、WEPP モデルによる解析を行った結果、テラス地形や法面保護の有用性が確認できた。今後、パラオ共和国の持続的発展を目的とした適切な土地開発シナリオを検討するため、流域スケールでの水・物質動態モデルによる解析が必要である。

#### 引用文献

- 1) Bryant (1998) Reefs at risk : A map-based indicator to threats to the world's coral reefs. Washington, DC, World Resource, Institute.
- 2) Bourke (2002) Reefs at risk in southeast Asia. Cambridge, World Resource Institute.
- 3) Golbuu et al (2003) Trapping of Sediment in a semi-enclosed bay, Palau, Micronesia. Estuarine Coastal and Shelf Science 57, 941-949.
- 4) Golbuu et al (2011) River discharge reduces reef coral diversity in Palau, Marine Pollution Bulletin.

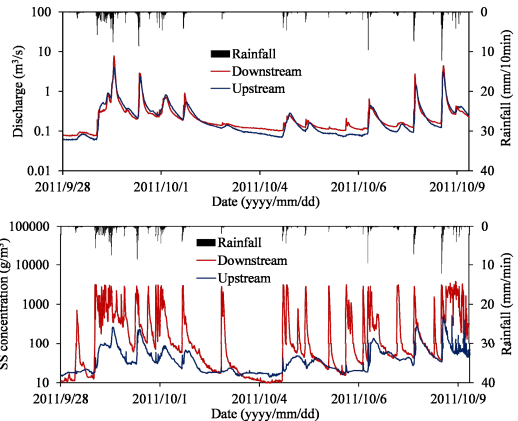


Fig.2 流量とSS濃度  
Discharge and SS concentration

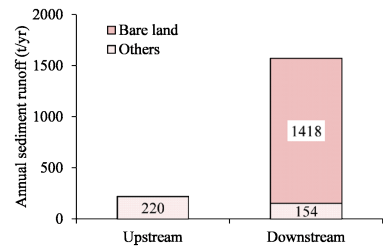


Fig.3 年間土砂流出量  
Annual sediment runoff

Table 2 WEPP による解析結果  
Simulated results by WEPP model

	裸地	草地	法面緑化
単純斜面 勾配 15%	1386	2	-
テラス地形 平坦部 1%	780	21	53
法面 120%			