

島嶼地域の土地資源利用効率の検討
-パラオ共和国バベルダオブ島の事例-
Efficiency of Land Resource Use in Islands
-A Case Study of Babeldaob Island, Republic of Palau-

○乃田啓吾* 飯田晶子** 渡部哲史** 大澤和敏***

○Keigo NODA*, Akiko IIDA**, Satoshi WATANABE**, Kazutoshi OSAWA**

1. はじめに

地形が急峻で年間降雨量の多い太平洋島嶼国において、人間活動による過剰な土地資源の利用は、陸域における土壌侵食および海域への土砂および栄養塩類の流出を加速させ、物質循環や生態系の持続性を低下させる。

本研究では、パラオ共和国バベルダオブ島を対象に Soil and Water Assessment Tool (SWAT)を適用し、土地資源利用形態の異なる3 時期における土砂流出による環境負荷を比較した。さらに、土地資源利用効率という指標を新たに提案し、土地利用による環境負荷の観点から考察した。

2. 研究方法

パラオ共和国バベルダオブ島の主要な25 流域を対象とした。対象とした25 流域面積の合計は238km²であり、バベルダオブ島面積の65%に相当する。

地形データは空間解像度10mのDEM (USGS, 1983)を使用した。土壌データはUSDAの土壌図を使用した。気象データは、全球再解析データである第三期土壌水分プロジェクト(GSWP3, 2014)の値を隣接するコロール島における地上観測値を用いて補正し使用した。

土地利用は飯田(2012)の作成した1921年、1947年および2006年の土地利用データを使用した。それぞれの年代における土地利用の面積割合をFig.1に示す。それぞれの時代における土地資源の利用形態から、1921年はパラオ人による漁労・採集と粗放的な農業による自給自足の時代、1947年は日本委任統治下の農業・鉱業振興による資源開発の時代、2006年は観光振興を支える自然保護の時代と分類

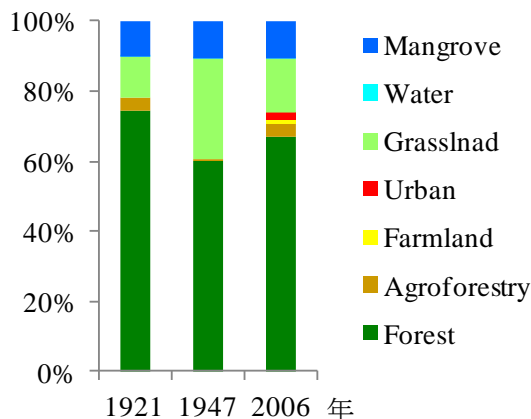


Fig.1 Land use/cover ratio in 1921, 1947 and 2006.

する。なお、本研究では、入手可能なデータの制約から、日本統治時代が終了し2年が経過した1947年の土地利用データを適用したため、1945年以前には農地や採掘地として利用され、その後管理放棄された面積は草地に含まれている。それぞれの推計では、10年間の助走期間を設け、当該年を中心とする10年間(例えば2006年の土地利用図であれば2001年から2010年)の気象データを用いた。

発展途上国における土砂流出量増加に対し、人口増加がその駆動力の有用な代替指標となることが知られている(Walling, 2006)。これに基づくと、土砂流出量の増加率と人口増加率の関係の一次近似は以下の式で表される。

$$\frac{dS}{S} = a \frac{dP}{P} \quad (1)$$

ここで、 S は年間土砂流出量($\text{ton ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$)、 P は人口(capita)、 a は人口増加率に対する年間土

* 東京大学 生産技術研究所(Institute of Industrial Science, The University of Tokyo)

**東京大学大学院 工学系研究科 (School of Engineering, The University of Tokyo)

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

キーワード：土地利用/被覆，土砂流出，SWAT

砂流出量の増加率の割合で、正の値である。また、Walling (2006)に挙げられたいくつかのケーススタディでは、人口増加に伴う土地資源利用形態の変化により、 a の値は段階的に増加すると考えられる。(1)式を解いて、 S は以下の式で与えられる

$$S = b \times P^a \quad (2)$$

ここで、 b は正の定数である。次に、(2)式の両辺を人口 P で除し、一人当たり土砂流出量 s ($\text{ton capita}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)を求めた。

$$s = \frac{S}{P} = b \times P^{a-1} \quad (3)$$

一人当たり土砂流出量 s は、人口 P に対して、 $a > 1$ では単調増加、 $a < 1$ では単調減少する。陸域から海域への土砂流出は、人間活動の影響のない自然状態においても発生する現象である。したがって、 $P \rightarrow 0$ のとき、 $s \rightarrow +\infty$ であり、 $a < 1$ となる。その一方で、人口増加に伴う土地資源利用形態の変化により a の値は段階的に増加し、 $a > 1$ となると一人当たり土砂流出量 s は単調増加に転ずる。以上の議論を踏まえ、本研究では、一人当たり土砂流出量を土地資源利用効率の指標と定義する。

3. 結果及び考察

Table 1 に年平均土砂流出量、主な受益者、受益者数、一人当たり土砂流出量を示す。観光者は平均滞在期間1週間と仮定し、人口に換算した。

自給自足(1921年)から資源開発(1947年)の時代の間では、土砂流出量が平均 $5.5 \text{ton ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ 増加した。特に、島の内陸側に向かって土砂流出量が増加した地域が広がった。農地として開墾された土地の大部分は放置され、森林・原野化し、1994年の独立以降は、国と州が協働した自然保護の取組みが全国レベルで進められた(飯田・武, 2015)。そのため、資源開発(1947年)から自然保護(2006年)の時代にかけては、土砂流出量が平均 $2.3 \text{ton ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ 減少した。

自給自足時代の1921年が $0.41 \text{ton capita}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ であるのに対し、資源開発時代の1947年では $0.30 \text{ton capita}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ へ減少した。さらに、2006年の自然保護時代で

Table 1 Annual sediment runoff, beneficiary, population and annual sediment runoff per capita in each land resource use.

土地資源利用形態	自給自足	資源開発	自然保護
年平均土砂流出量 ($\text{ton ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$)	2.6	8.1	5.8
主な受益者	パラオ人	パラオ人 日本人	パラオ人 観光者
受益者数(人)	6,361	27,289	21,372
一人当たり 土砂流出量 ($\text{ton ha}^{-1} \text{capita}^{-1} \text{yr}^{-1}$)	0.41	0.30	0.27

は $0.27 \text{ton capita}^{-1} \text{ha}^{-1} \text{yr}^{-1}$ へ減少した。本研究で対象としたバベルダオブ島では、1921年、1947年、2006年の3時期に限られるものの、一人当たり土砂流出量は単調に減少しており、環境負荷から見た土地資源の利用効率については単調に向上したと考えられる。ただし、前述の土地利用データの制約を考慮すると、日本委任統治下の一人当たり土砂流出量は、今回算出した1947年の値よりも大きかったことが推察される。

本研究においては、島内の土地資源利用による環境負荷という側面のみ注目し、その利用効率が単調に向上したという結果を得た。その一方で、現在の観光産業および地域社会の消費活動は島外の資源へ依存しており、島外の環境への負荷を意味する。島内および島外の資源利用における環境負荷のトレードオフの存在は定性的には自明であり、今後、この関係を明示的に扱うことが必要である。

謝辞 本研究は、環境省の環境研究総合推進費(4RF-1401)のもと実施された。

参考文献

- 飯田晶子(2012): 熱帯島嶼パラオ共和国における流域圏を基礎とするランドスケープ・プランニングに関する研究, 東京大学, 博士(工学)学位論文, pp.63-70.
- Walling, D.E. (2006): Human impact on land-ocean sediment transfer by the world's rivers, *Geomorphology*, 79, pp.192-216.
- 飯田晶子, 武正憲 (2015): パラオ共和国における自然保護政策の展開に見る観光資源の保全と利用, *ランドスケープ研究*, 78(5), pp.783-786.