

15. 途上国における環境変化の土砂環境への影響

—メコン川を例として—

CHANGE OF SEDIMENT TRANSPORT BALANCE IN DEVELOPING COUNTRIES COUSED BY CLIMATE CHANGE

駒野 裕一*・柴山 知也*

Yuichi KOMANO, Tomoya SHIBAYAMA,

ABSTRACT; Nowadays, soil erosion occurs all over the world, and the damage is serious. Soil erosion was calculated by applying RUSLE model and influences on erosion caused by climate change and economical development was discussed. The prediction was performed in Mekong river basin and the basin has various characteristics about climate and topography. Conditions of topography and landuse are important factors to decide amount of soil erosion. Changing of landuse gives bigger influence than climate change. A possible method for reducing soil erosion to stable soil is proposed.

KEYWORDS; developing country, climate change, sediment transport balance

1 はじめに

現在、土壌の浸食は世界のいたるところで起こっており、その状況は深刻である。流域における浸食では降雨などの繰り返しにより少しずつ流出が発生するわけだが、その動きは海岸侵食や土砂崩れほど急激な動きではないため軽視されがちである。しかし、浸食は日々着実に進行しており、その対応が急がれる。一方ではこの土砂の管理、つまり土砂収支の定量的評価についての長期的かつ定量的な情報が不足している。さらに地球温暖化による降雨状況の変化や流域開発による土地利用の変化が今後ますます進展すると考えられる。そこで降雨や地形、土地利用等の影響を含めた、流域全体の土砂動態モデリングが重要な課題となっている。

本研究では流域における土壌の浸食量を RUSLE モデルを適用して求め、環境の変化と開発の進行が浸食に及ぼす影響とその関連性についての検討を行った。ここでは流域内に様々な特性を持つという観点から世界有数の国際河川、メコン川下流域を分析の対象とした。

2 研究の方法

作業手順を図－1 に示す。具体的には以下のように作業を進めた。

- 1) 数値地図上で与えられた標高 (50m)、土地利用、降雨分布 (5min. lat / long)、土壌分布などの情報をGIS上に取り込む。
- 2) GIS上でRUSLEモデルに必要な入力情報である、局地的な降雨量、流出量による流出土砂量 (R)、土壌浸食可能性係数 (K)、局地勾配の長さによる係数 (L)、局地勾配の大きさ係数 (S)、表層土壌状況係数 (C)、表土保存工の効果係数 (P) などの諸量を算定する。
- 3) 各セルにRUSLEを適用し、土壌浸食量A (ton/ha/year) を以下のように算出する。

$$A = R \times L \times S \times K \times C \times P \dots\dots\dots (1)$$

A : 単位エリア毎の土壌浸食量

R : 降雨係数 ; 降雨による浸食量

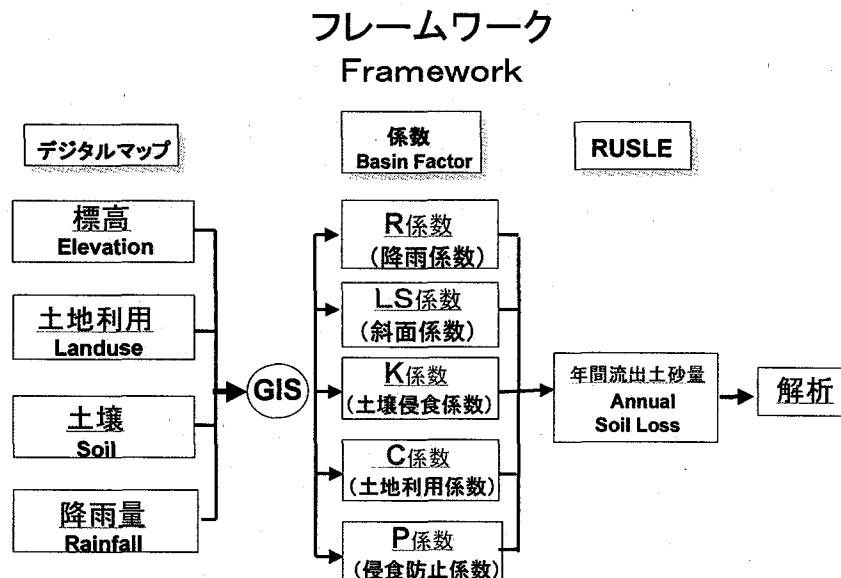
L : 斜面長係数 ; 同一条件下での斜面長 22.1mにおける流出土砂に対する割合

S : 斜面勾配係数 ; 同一条件下での斜面勾配 9%での流出土砂に対する割合

K : 土壌浸食係数 ; 平坦で人為的に加工されていない状態で勾配 9%、斜面長 22.1m
の長さで定義された標準点での流出土砂に対する割合

C : 土地利用係数 ; 土地利用形態による流出土砂量の係数

P : 浸食防止係数 ; 耕作のための土地の開墾方法により異なる流出土砂量の係数



図－1 土壌浸食量の評価手法

3 モデルの適用

1) メコン川への適用

RUSLEモデルをメコン川流域へ適用し、その結果を図-2に示す。その傾向としては降雨量が多いあるいは斜面勾配が急な箇所などに浸食量の大きい箇所が多くみられる。これらはRUSLEモデルにおけるR係数（降雨係数）、LS係数（斜面長・斜面勾配係数）が高いことに起因している。このように降雨量や地形など、局所的な環境条件が異なるとその浸食量もまた大きく変わる。メコン川流域内ではこのような環境の変化に富んでおり、浸食量にもその様子が反映されている。

2) 土地利用変化による浸食量の変化

土地利用の変化を図-3に示す。黒く濃いエリアが森林や草地などの緑地であり、薄いエリアが田畑や水田などの耕作地である。変化の様子が分かるよう図は流域北部エリアにしぼって示してある。この図より1993年から1997年の土地利用変化の特徴としては耕作地から緑地への変化が著しいことが分かる。また流域内全体の浸食量を総和した結果を表わした図-5を見ると、その浸食量は約32%減と大きく減少している。その大きな要因として耕作地の緑化が考えられる。緑化をすることにより、表土を被覆するため浸食の発生を抑えることが出来る。

一般に浸食量が10 t/ha/year未満の場合は安定した土壌とみなされる(石,1988)。ここで図-6を見ると、浸食量0-2 (t/ha/year)のクラスにおいて1993年から1997年になると大きくセル数が増え、逆に10-12のクラスでは減っている。これは浸食を示していたセルが安定を示すセルに変化した、つまり緑化したことにより浸食量が抑えられたことを意味している。このように土地利用の変化は土壌浸食に直接的に大きな影響を与えることが分かる。

3) 降雨量変化による浸食量の将来的変化

地球環境の変動、特に降雨量の変化によって今後土壌浸食の傾向が変化することが予想されるため、HadCM3(Gordonら,2000)による標準的な気候変動シナリオを設定して、土壌浸食の動向を予測した。この際HadCM3には今後のエネルギー消費に関する経済発展や環境保護の活動などの将来設定によって数種類のモデルがあるが、今回は今後最も降雨量が増加する、つまり浸食量が最も増加すると思われるモデルを適用した。モデルを用いて算出したおよそ65年後の2070年の降雨量を2002年（現在）のものと共に図-4で示し、将来的な降雨量の変化を比較した。

この結果、一部では減少する箇所もあるが全体的に降雨量は増加傾向にあり、平均すると各地で年間およそ50mmの増加が見込まれる。この結果を用いて土壌浸食量を算出した結果を図-5で示し比較する。図-5を見ると流域全体の浸食量は増加しているがその変化は約10%増に止まり、土地利用の32%減の変化と比べると小さい。その理由としては降雨量が局所的に増加しても、その地が平坦あるいは田畑などのように浸食防止工がなされていると浸食量は増加しにくくなることが挙げられる。しかし図-6を見てみると、安定した土壌に対応するセル数は減っているが、浸食量の大きな土壌に対応するセルは増加する傾向が見られる。浸食量が大きな箇所の多くは斜面が急である場合が多いが、この場合エリアにおいて降雨量の増加が浸食量に大きな増加をもたらした結果であると考えられ、これは面が平坦な場合と逆の傾向となる。

土壤浸食量 (1997年)

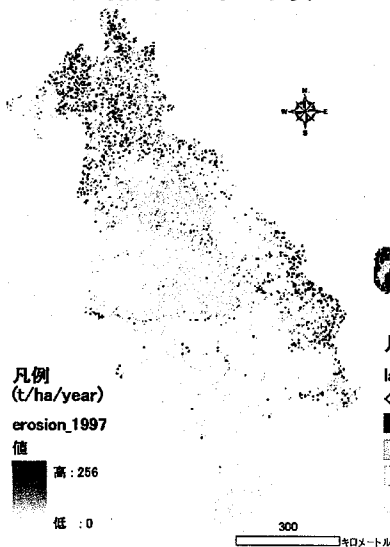
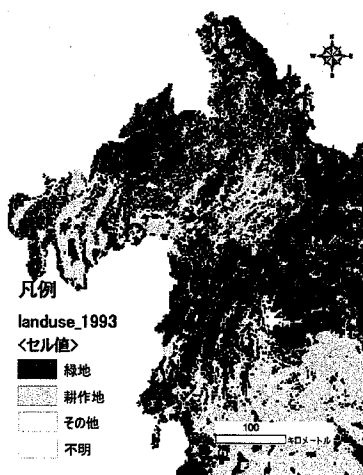


図-2 年間土壌浸食量

土地利用 (1993年)



土地利用 (1997年)

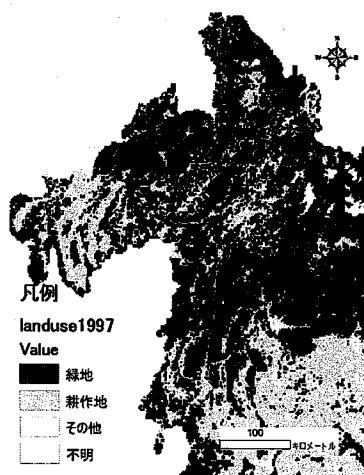
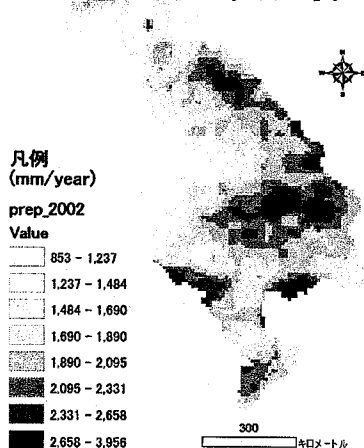


図-3 土地利用変化

年間降雨量
(2002年)



年間降雨量
(2070年)

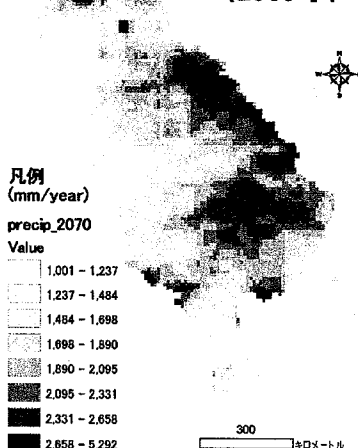


図-4 降雨量変化

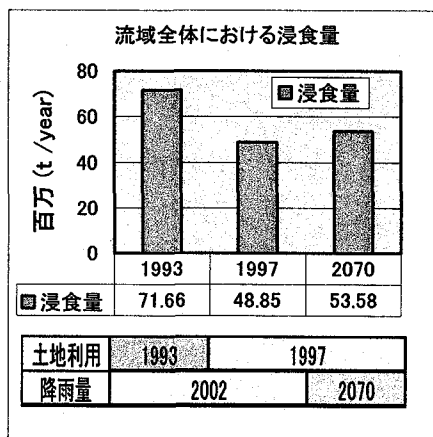


図-5 流域全体の浸食量

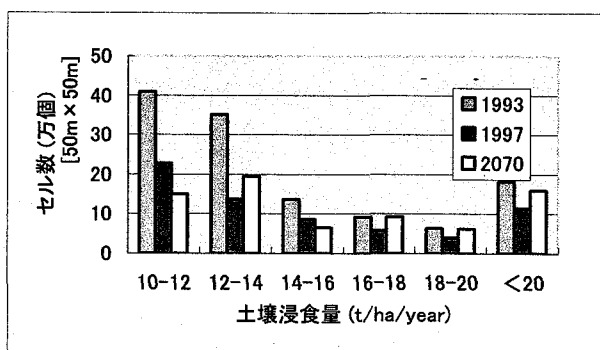
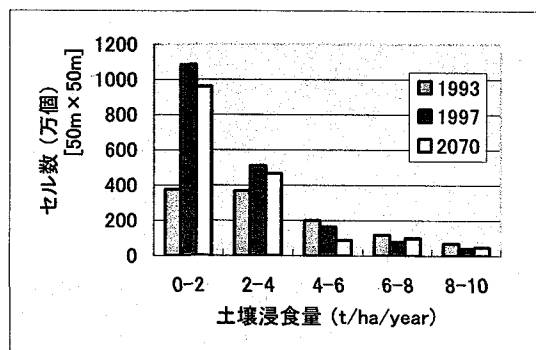


図-6 浸食率の年度別頻度分布

4 浸食量軽減の改善策の適用

1) 植生工法

植生工法とは束柴のような草木を植生させることによって表土を浸食から保護する手法である。図-7のように表土が裸の斜面に植生することによって表土流出を抑制する。この際、重要となるのは斜面係数のL係数であり、ある一定の区画の斜面に植生させる本数に応じてL係数を減少させることができる(例えば松井,2003)。この結果、浸食量は軽減される。その様子は表-1のようになる。

さらに草木を植えることで土地利用も変化し、C係数も減少するので相乗的に浸食量の軽減につながる。これらの特性を活かして浸食量の大きな土壌を安定した土壌に改善することができる。

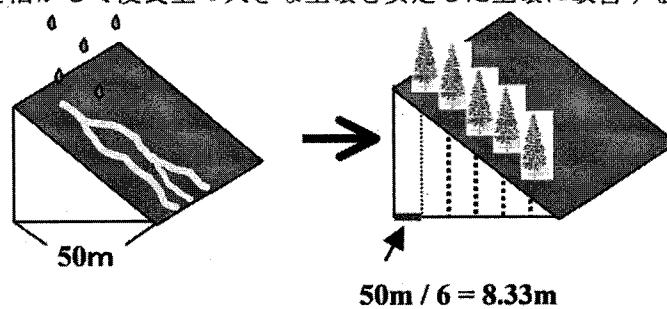


図-7 植生のモデル図

表-1 植生によるLS係数の変化率

植生本数(本/50m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
斜面長 L(m)	50.00	25.00	16.70	12.50	10.00	8.30	7.10	6.25	5.56	5.00
LS' (9°)	5.04	3.73	3.07	2.57	2.37	2.12	1.92	1.81	1.66	1.61
$\alpha = LS'/LS$	1.00	0.74	0.61	0.51	0.47	0.42	0.38	0.36	0.33	0.32

2) 改善策の適用例

図-8はメコン流域北部のあるエリア(約2km 四方)において改善策を適用した結果である。このエリアは耕作地(耕作面積30%未満)であり、比較的植生し易い条件となっている。

この改善策を用いると浸食量を約1/10程度下げることができる。下図でもエリア内で浸食が目立つが適用後はほとんどが安定した土壌となっている。このように土壌浸食は予防が可能であり、その効果は十分に期待できる。

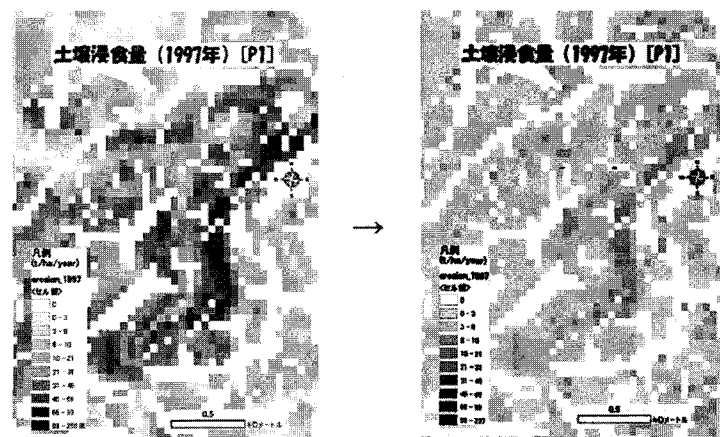


図-8 改善策を適用した結果

5 結論

年間土壌浸食量の算出、変化量の推定に図－1に示すような評価手法を適用した。また地形や降雨量の環境条件と土壌浸食の関連性について考察することで、環境条件に対する土壌浸食が示す特徴について分析することができ、地形条件や土地利用条件が土壌浸食に大きな影響を及ぼすことが分かった。

さらに土地利用変化、降雨量変化が土壌浸食に及ぼす影響を考察した。この両者の変化の違いを考察することで土壌浸食においては降雨量の変化による影響はさほど小さくなく、むしろ土地利用の変化に対して敏感であることが分かった。また浸食量軽減の改善策を提案し、流域内のエリアに適用することによってその有効性を確認した。

参考文献

- 柴山 知也・Le Trung Tuan・磯畑 理 (2002):数値地図情報を用いた流域から海岸に供給される土砂収支の地球規模での算定方法、海岸工学論文集 第 49 巻、p.606－p.610
- 石 弘之 (1988) 地球環境報告 258pp
- 松井 保 (2003) 植生技術による斜面安定工法 p.31～p.37
- Mekong River Commission: <http://www.mrcmekong.org/>
- Renard, K.G. et al (1991) Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), pp.101-142
- US Department of Agriculture, Agriculture Handbook No.703, 404pp
- Gordon et al(2000):<http://www.met-office.gov.uk/research/hadleycentre/models/HadCM3.html>