

土壌侵食量推定のための 1km メッシュデータの作成

USLE Parameter Data of 1 km Grid to Estimate Soil Erosion in Farmland

神山和則*・谷山一郎**・大倉利明*・中井 信*

Kazunori Kohyama, Ichiro Taniyama, Toshiaki Ohkura, Makoto Nakai

1. はじめに

土壌侵食は農地の貴重な作土を流亡させるばかりではなく、土壌粒子が地表水に流れ込むことによって、下流域への環境負荷が懸念される。地力保全基本調査のとりまとめ（土壌保全調査事業全国協議会 1991）によるとわが国の普通畑の約 13%が「侵食の危険性」が高いⅢ～Ⅳ等級に分類されている。畑から土壌侵食量の推定は既に多くの研究がなされている。USLE はアメリカ農務省が開発した土壌侵食量の推定方法で、降雨、土壌、地形、植生管理、保全的管理法といった土壌侵食に関わる要因を降雨係数 (R 値)、土壌係数 (K 値)、斜面長係数 (L 値)、傾斜係数 (S 値)、作物係数 (C 値)、保全係数 (P 値) というパラメータで表し、これらの値から土壌侵食量を推定する (Renard et al 1997)。USLE は世界的に用いられていて、わが国でもライシメータ試験や傾斜枠などを用いて土壌侵食を測定 (徳留 1988) するとともに、パラメータ値を決定し USLE による推定値と実測値を比較するといった研究も行われている (農水省農蚕園芸局農産課 1971)。

USLE を広域的な推定に用いるためには、多くのパラメータを網羅的に整備する必要がある。このため、谷山 (2003) は土壌環境基礎調査のデータを用いて USLE の土壌係数パラメータ (K 値) を土壌統群ごとに決定した。また、既存の調査資料により植生管理係数 (C 値) についても整理されている (農水省構造改善局計画部 1992、谷山 2003)。小川ら (2005、2009) はこれらのパラメータを用いて茨城県、岡山県において USLE による県全域の土壌侵食量を推定し、農地の土壌侵食防止機能の評価を行った。全国的な土壌侵食の評価については、国土資源プロにおいて USLE を簡略化した土壌流出予測式が作成され、土壌侵食量の推定と農地の土壌侵食防止機能の評価が行われた例がある (Kato et al 1997) が、USLE を用いた推定は行われていない。これは、全国的な土地利用、地形条件を把握することの困難性も一因と考えられる。一方、近年、多くの地理情報の整備が行われてきた (日本地図センター 1998)。例えば、10m メッシュの標高データ (DEM) やデジタル土壌図 (高田ら 2009) が整備されるとともに、レーダーアメダス解析雨量 (RAP) により 1km メッシュ単位の降水量の把握も可能となってきた。また、作目別の栽培面積についても 1km メッシュ単位で推定されている (神山ら 2003)。

本研究では、こうした地理情報を用いて USLE に適用する各種パラメータを 1km メッシュ (国土数値情報の 3 次メッシュ) 単位で整備し、土壌侵食量を推定するためのデータベースの作成を行った。

*農業環境インベントリーセンター, ** 研究コーディネータ

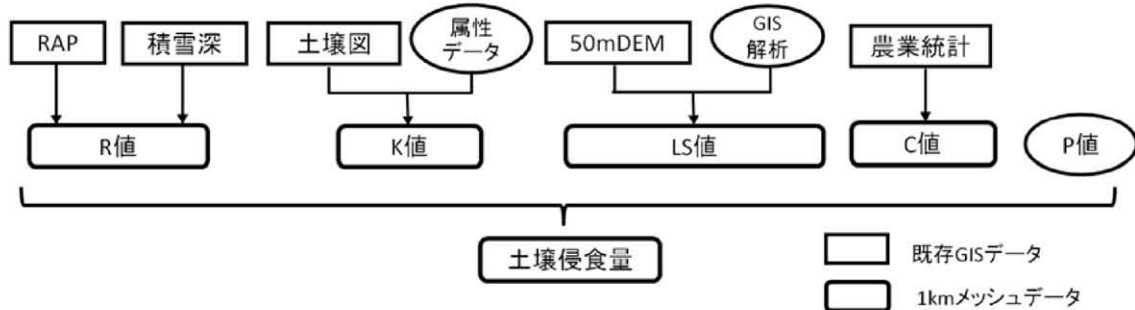
Natural Resources Inventory Center, Principal Research coordinator

インベントリー, 第 10 号, p3-9 (2012)

2. 方法

1) USLE に関連するパラメータの 1km メッシュデータの作成

USLE による土壌侵食量の推定に必要なパラメータ値として降雨係数 (R 値)、土壌係数 (K 値)、地形係数 (LS 値)、作物係数 (C 値) を 1km メッシュ単位で算出した。ただし、地形係数は斜面長係数 (L 値) と傾斜係数 (S 値) を乗じた値である。なお、等高線栽培や草生栽培



$$A=(R+Rc) \times K \times LS \times C \times P \quad (\text{式1})$$

A:土壌侵食量 (t ha⁻¹ y⁻¹)、R: 降雨係数、Rc: 降雨係数の積雪による補正值、K: 土壌係数、LS: 地形係数、C: 作物係数、P: 保全係数 (1.0 に固定)

図1 パラメータの 1km メッシュデータの作成の概要

など侵食防止のための管理方法については 1km メッシュ単位で設定することが困難なため保全係数 (P 値) は 1.0 に固定した。パラメータ算出に用いた地理情報は日本測地系と世界測地系が混在していたため、日本測地系に統一した。

(1)降雨係数 (R 値)

(1)-1 降雨係数

わが国の降水量は約 17 km メッシュで配置されたアメダス観測地点において観測されている。しかし、降水は気温などの気象要素に比べ局地性が強いので、侵食が懸念される中山間地の複雑な地形に位置する傾斜農地において直近の観測地点と異なる可能性もある。本研究では気象レーダーとアメダスデータを用いてメッシュで解析したレーダーアメダス解析雨量 (RAP; 気象庁) により降雨係数を算出した。算出には 1988-2005 年のデータを用い、年次毎に算出した降雨係数の平均値を降雨係数とした。RAP は年次によりメッシュ区切りの大きさ (5 km、2.5 km、1 km 四方)、時間間隔 (1 時間、30 分)、測地系 (日本測地系、世界測地系) が異なるが、本研究では 1km メッシュ、1 時間間隔、日本測地系に統一して計算を行った。

(1)-2 積雪による補正

積雪地帯においては、融雪により春先に土壌流亡が発生する。これを補正するため根雪月の降水量に 0.06 を乗じた値を補正值として加算した (農水省構造改善局計画部 1992)。メッシュ気候値 2000 年 (気象庁) の積雪深の値が 5cm 以上の場合根雪月と判定した。

(2)土壌係数(K 値)

地力保全基本調査デジタル土壌図 (日本土壌協会) の 100m メッシュ版の土壌統コードから土壌統群コードを作成し、これに谷山 (2003) の土壌統群別の値を結合した。各 1km メッシュにおける土壌係数はメッシュ内の 100m メッシュ数に応じて按分した値とした。

(3)地形係数(LS 値)

(3)-1 傾斜度の算出

各 1km メッシュにおける傾斜度は 50m メッシュ標高値 (50mDEM、国土地理院) を用いて算出した。すなわち、それぞれの 1km メッシュに属する全ての 50m メッシュについて隣接する標高値から平均傾斜度を算出し、それらの平均値を 1km メッシュにおける傾斜度とした。

(3)-2 斜面長と LS 値の算出

各 1km メッシュを代表する斜面長を求めることができなかったため、以下の方法により斜面長と傾斜度の関係について解析を行い、それに基づいて地形係数 (LS 値) を算出した。

北海道上富良野町 (1km メッシュ数 11)、長野県嬭恋村 (1km メッシュ数 11)、鹿児島県鹿屋市 (1km メッシュ数

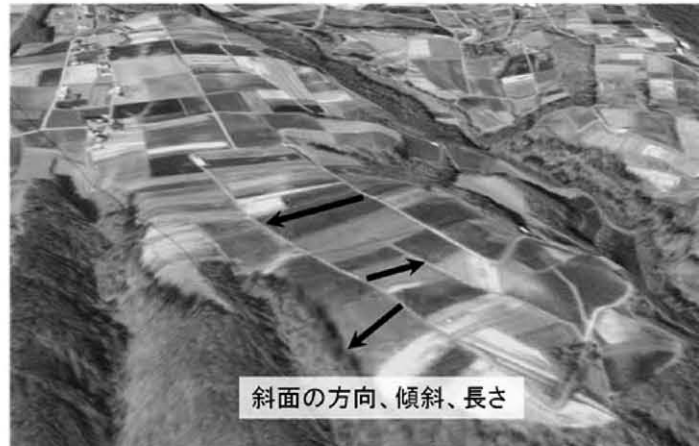


図2 個別ほ場の斜面長と傾斜度の算出

4) の畑作地帯を対象地域として、ALOS 衛星の PRISM 画像と 10m メッシュ DEM (国土地理院) を GIS 上で重ね合わせ、1km メッシュ内の個別ほ場について斜面長と傾斜度を算出した (図 2)。ほ場の一区画は道路、林地等により区分された区画あるいは濃淡により明確に区分される区画とした。この値から 1km メッシュの LS 値と傾斜度の関係を明らかにし、(3)-1 で作成した各 1km メッシュの傾斜度から LS 値を算出した。

(4)作物係数(C)

1km メッシュ農業センサスデータ (神山ら 2003) における 1995 年の作目別面積から各作目の面積割合を算出し、谷山(2003)の作目別 C 値をこの割合に応じて按分した値とした。

2) 土壤侵食量の推定

各 1km メッシュの土壤侵食量 (A)は図 1 の式 1 により計算した。

3. 結果と考察

1) 降雨係数

降雨係数の分布図を図 3 に示した。降雨係数は西日本太平洋側で大きく、北海道で小さい値を示している。主要な観測地点において本手法によって算出した R 値 (RAP による R 値) およびアメダスの降水量から算出した R 値 (アメダスによる R 値) を一連降雨の降雨エネルギーの累計と最大 60 分降雨強度の積の 1/100 と定義された土地改良事業計画設計基準「農地開発 (改良山成畑工)」(農水省構造改善局計画部 1992、

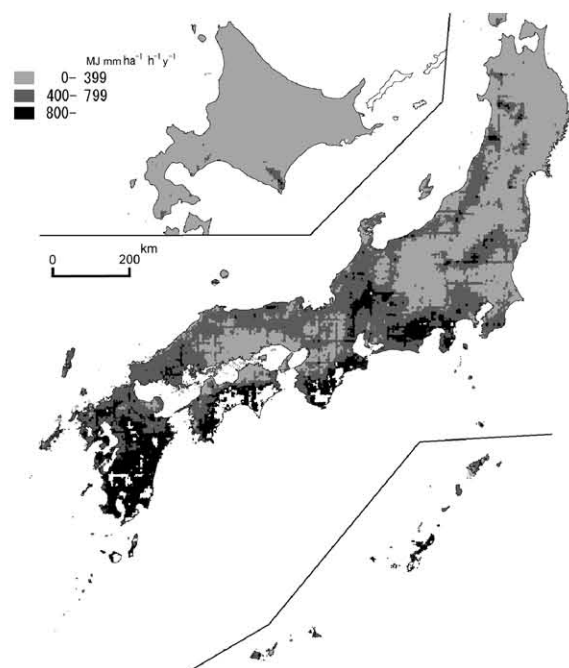


図3 降雨係数 (R 値) の分布図

設計基準とよぶ) による R 値と比較した結果、アメダスによる R 値は設計基準による R 値とほぼ同程度、RAP による R 値は同程度からやや大きな値であった(図 4)。また、RAP による R 値はいくつかの地点で特に大きくなった。これらの結果は RAP とアメダスの降水量が異なることが大きな要因であるが、初期の RAP のデータに欠測値が多いこと、数年ごとに仕様が変わりその補正が不十分だったことも要因の一つと考えられる。

2006 年以降の RAP は固定した仕様で提供されていることから有効な利用が期待できる。

2) 地形係数

解析に用いた対象地域内の 1km メッシュ内のほ場平均傾斜度と 50mDEM で作成した同一メッシュにおける 1km メッシュの傾斜度の関係を図 5 に示した。両者にはほぼ直線関係が認められた。回帰直線の傾きからみると、ほ場平均傾斜度は 1km メッシュ傾斜度の 1.5 倍程度の値を示した。1km メッシュ傾斜度では方向により異なる傾斜度の平均値であることから傾斜度が低めに算出されているためと考えられる。

ほ場の傾斜度と斜面長から計算した地形係数と 1km メッシュ傾斜度の関係を図 6 に示した。両者には累乗関数で示される関係が認められたが、上富良野町とその他の地域に分けることでその関係はより明確になった。これは前者の斜面長の平均値が 111.3m に対し、後者は 65.5m という違いに起因すると考えられた。斜面長の違いは場 1 区画の大きさの違いが反映していると思われる。以上のことから、地形係数は 50mDEM で作成した 1km メッシュの傾斜度を用いて算出し、ほ場区画の大きい北海道とそれ以外の都府県で別々の推定式を用いることでより適切な値が得られると考えられる。この推定式を用いて作成した地形係数の分布図を図 7 に示した。

3) 土壌係数と作物係数

土壌係数、作物係数の分布図をそれぞれ図 8、図 9 に示した。土壌係数の小さな地域は有機物含量が高く団粒構造が発達し、透水性の高い黒ボク土が分布する北海道根釧地域、東北北東部、南九州地域に広い。一方、土壌侵食能の高い赤・黄色土が多く占める近畿、中国地域は高い傾向にあった。作物係数については、本研究では水田における侵食は傾斜がないことから発生しないとしている。そのため、水田が広く分布する地域における係数は小さい。ただし、水田では代かき濁水が発生し、これが土壌流亡、河川汚濁の原因となっている。今後はこうした代かき濁水の評価が必要と思われる。

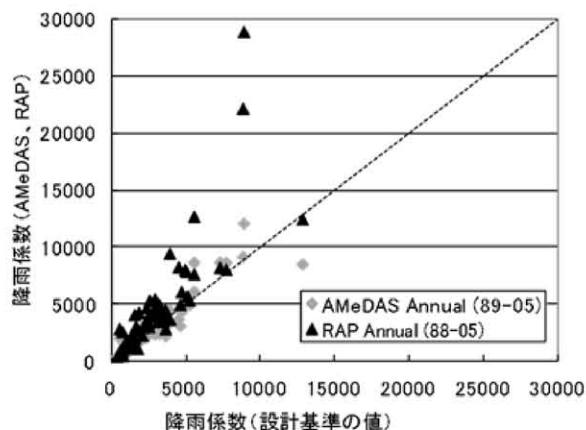


図 4 RAP と設計基準による降雨係数の比較

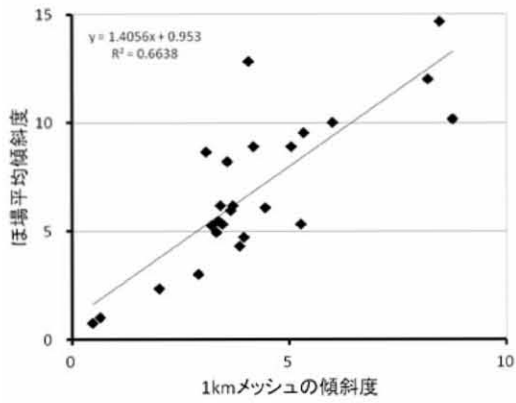


図5 1kmメッシュの傾斜度と同一メッシュにおけるほ場の平均傾斜度の関係

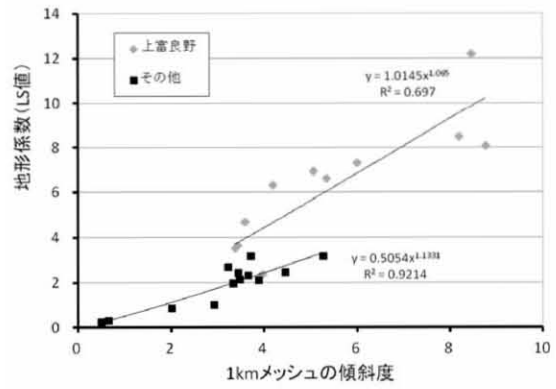


図6 1kmメッシュの傾斜度と地形係数の関係

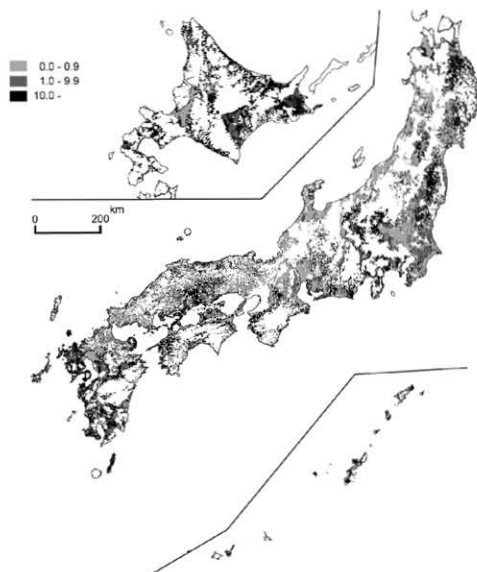


図7 地形係数 (LS 値) の分布図

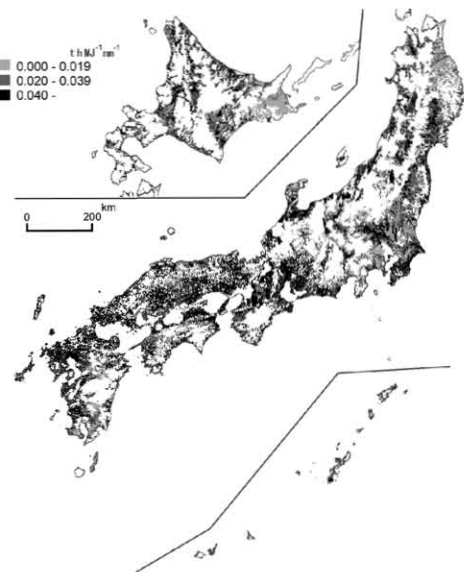


図8 土壌係数 (K 値) の分布図

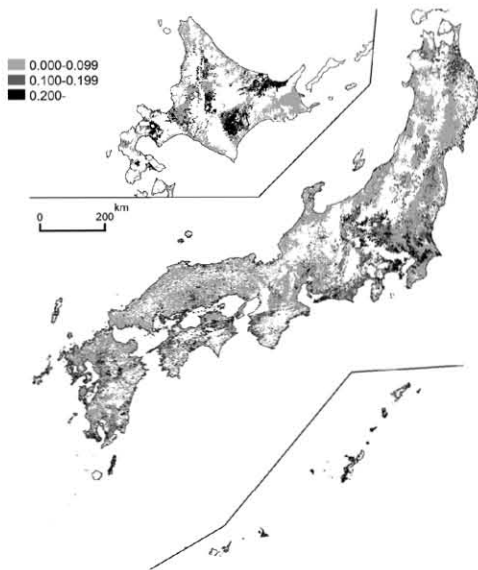


図9 作物係数 (C 値) の分布図

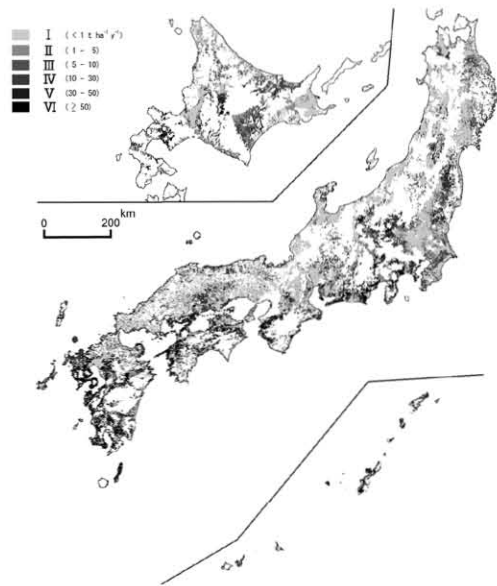


図10 土壤侵食量の分布図

4) 土壌侵食量

推定した土壌侵食量の大きなメッシュは東海、四国、九州西部、沖縄に多く分布した(図10)。これらの地域では降雨係数が大きいこと、地形が複雑で地形係数が大きいこと、赤・黄色土の分布が広く土壌係数がやや高いこと、など複数の要因が重なっているため土壌侵食量が多く見積もられていると考えられる。しかしながら、こうした地域における傾斜の急な農地ではテラスを造成するなど土壌侵食防止対策を施しているため必ずしも実態を反映しているわけではない。土壌侵食量を区分Ⅰ(1 t ha⁻¹ y⁻¹未満)、区分Ⅱ(1-5)、区分Ⅲ(5-10)、区分Ⅳ(10-30)、区分Ⅴ(30-50)、区分Ⅵ(50 t ha⁻¹ y⁻¹以上)の6段階に区分し、面積割合を求めたところ、それぞれ43、18、9、12、5、14%であった。

4. おわりに

わが国の農耕地における土壌侵食の危険性を把握するため、既存データと地図データを組み合わせ、USLEに関連する各種係数の1kmメッシュデータを作成し、USLEによる土壌侵食量の全国マップを作成した。こうした1kmメッシュ単位の情報は既存の多くの地理情報と容易に組み合わせることが可能である。

引用文献

- 1) 土壌保全調査事業全国協議会(1991):第2節土壌の生産力阻害要因、日本の耕地土壌の実態と対策 新訂版、17-55、博友社、東京
- 2) Kato, Y., Yokohari, M., Brown, R.D (1997), *Integration and visualization of the ecological value of rural landscapes in maintaining the physical environment of Japan*, *Landscape and urban planning* 39, 69-82
- 3) 神山和則、實示戸雅之、佐々木寛幸、宮路広武(2003) 国土数値情報を利用した農業統計データのメッシュ化、日土肥誌 74、415-424
- 4) 国土地理院(1999) 数値地図50mメッシュ(標高)
- 5) 日本地図センター(1998) 数値地図ユーザーズガイド、日本地図センター
- 6) 農林水産省構造改善局計画部(1992) 土地改良事業計画指針、農地開発(改良山成畑工)、農業土木学会、158-178
- 7) 農水省農蚕園芸局農産課(1984) 我が国の耕地における水蝕と風蝕—地力変動観測調査—、地力保全対策資料 55、1-237
- 8) 小川茂男、島 武男、吉迫 宏、福本昌人(2005) 畑地の農地保全管理による土壌流亡抑制効果、農工研技報 203、139-146
- 9) 小川茂男、塩野隆弘、吉迫 宏、島 武男(2009) 農地の持つ土壌侵食防止機能量のGISをベースとした評価—岡山県を事例として—、システム農学 25(3)、145-155
- 10) Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997), *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE)*, *USDA-ARS Agriculture Handbook* 703, pp1-384.
- 11) 高田裕介、中井 信、小原 洋(2009) 1992年の農耕地分布に基づくデジタル農耕地土壌図の作成、日土肥誌 80、502-505
- 12) 谷山一郎(2003): 農耕地からの表面流去水の発生に関わる土壌要因の解明とMIの策定、

農林水産業及び農林水産物貿易と資源・環境に関する総合研究、研究成果 141、農林水産技術
会議事務局、149-152

13) 徳留昭一(1988) 四国地方傾斜耕地における主要土壌の受食性と土壤侵食(水食)発生予
察報に関する研究、四国農試報 50、1-148

問い合わせ先

農業環境インベントリーセンター 神山 和則

電話：029-838-8272、 e-mail: kohyama@affrc.go.jp