

畑地の農地保全管理による土壌流亡抑制効果 －茨城県を対象とした評価事例－

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 独立行政法人農業工学研究所 公開日: 2024-03-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小川, 茂男, 島, 武男, 吉迫, 宏, 福本, 昌人 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/0002000077

畑地の農地保全管理による土壌流亡抑制効果

- 茨城県を対象とした評価事例 -

小川茂男*・島 武男*・吉迫 宏*・福本昌人**

目 次

緒 言	139	3 畦の効果推定	143
解析方法	140	4 土壌侵食量の推定	143
1 土壌流亡量の推定方法	140	土壌流亡抑制効果の経済的評価	144
2 経済的評価手法	142	結 言	144
土壌侵食量の推定	142	参考文献	145
1 K係数分布図の作成	142	Summary	146
2 LS係数の決定	142		

. 緒 言

農林地は生産活動を通じて土壌流亡の防止機能などの多面的機能を発揮している。農林地の中で畑は、粗放的な管理をした場合、土壌の流出する可能性が高く、土壌が流出することによる畑土壌の劣化や下流域への環境負荷が懸念される。畑の耕作者は、持続的に農業を続けるために、畝たてや稲わら・麦わらによる被覆などの栽培管理、畦を形成することによる畑斜面の緩傾斜化と斜面長の短縮化、畦の植生被覆による侵食防止、沈砂池や緑地帯などの付帯施設の設置により、畑地からの土壌流亡を抑制している。これらの土壌流亡抑制の実態を広域に把握し抑制効果を経済的に評価することにより、農林地の持つ多面的機能を評価できる。畑の持つ土壌流亡抑制効果には「森林から畑地化するときの土壌流亡の差（多くの場合マイナスの値）」、「農地内に再堆積するときの土壌流亡量（これは農内機能とする人も多い）」、畑地管理がいかに河川への土壌流亡を少なくするか」の3種類があり、本研究では3番目の機能を対象とする。

畑からの土壌侵食量の推定は既に多くの研究がなされている。世界的に用いられ推定に必要な値の蓄積の多いUSLE (Universal Soil Loss Equation; 汎用土壌流亡式)をはじめとして、近年提案された土壌侵食の物理モデル (A. Folly et al. 1999, P.B. Hairsine, 1988, A. Takagi et al. 2001, I. Takken et al. 1999, L.J. Lane

et al. 1988, R.H. McCuen and W.M. Snyder, 1983), 統計的手法による推定 (L.D. Meyer and Wischmeier W.H., 1969) などがある。

いずれの手法でも、流域及び地域の特性を示す物理量、統計量が必要となり簡単には求められない。

全国レベルで土壌流亡抑制効果を推定・経済評価した例として、代替法による農業・農村の公益的機能評価 (農業総合研究所, 1998) がある。これによれば、USLEを簡略化した国土資源プロで提案した土壌流出予測式を用い、放棄された場合と畑利用した場合を中山間と平地に分けて計算している。また、「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 (平成8~12年度)」の中で土壌流亡に関わるマクロインジケータの策定について研究され、推定方法及び問題点について提示された。すなわち、各パラメータが実験などにより決定され、世界的に認知されているUSLEに基づく土壌侵食量の推定が重要であるが、広域で評価する上でUSLEの傾斜・斜面長係数、保全係数の推定が簡単ではないことが指摘されている (上村ら, 1998)。

以上の成果を踏まえ、GISデータ、国土数値情報土地利用メッシュ、標高メッシュデータ、圃場区画などのデータを集積し、高精度で流域レベルあるいは全国レベルでUniversal Soil Loss Equation (USLE) に基づいた土壌流亡の推定手法を開発した。また、これらの結果から、流亡抑制効果の経済評価方法について検討し、評価を行ったので報告する。

なお、本研究は交付金プロジェクト「農業の持つ多面的機能の環境勘定による総合評価」(環境勘定)の一環として行ったものである。

* 地域資源部土地資源研究室

** 農地整備部水田整備研究室

平成17年2月14日受理

キーワード：多面的機能，土壌侵食量，経済評価，侵食抑制

る（図の点はAMeDAS観測位置を示す）

次に、土壌係数Kを求めるためには、土壌図と土壌毎の係数が必要となる。土壌図については農耕地における100mメッシュのデジタルデータが構築され、全国統一基準である土壌群に置き換えることができる（加藤，1988）。これとは別に、各土壌群の土壌係数Kが求められており（谷山，1998），両者を組み合わせることによって土壌のK値を求めた。

傾斜・斜面長係数LSは（2）式によって求められる（Kirkby, M.J. et al., 1980）。

$$LS = (1/22.13)^m \times (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) \dots\dots\dots (2)$$

（2）式において、mは係数でm = 0.5（傾斜が5%以上）、0.4（3～5%）、0.3（1～3%）、0.2（1%以下）、l: 斜面長（m）、s: 傾斜勾配（%）である。標高データは数値地図50mメッシュが国土地理院からテキストデータで発行されているので、これをもとに並べ替えと座標変換を実施してDEM（Digital Elevation Model；デジ

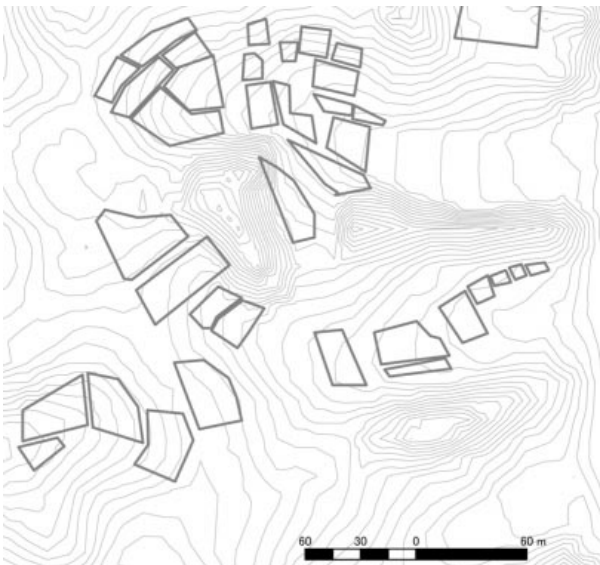


Fig.4 LS計算に用いた標高データと畑の区画図
Contour and field lot map for calculating LS factors



Fig.5 畑の区画および傾斜・斜面長の調査地区
Test site of slope field lots, slope length and steepness

タル地形標高モデル）を作成し、傾斜を求めた。（2）式右項のlはDEMから計算できないことはないが、連続した一斜面がどうかの判定ができず場合によっては600mを越える長大な斜面が出現してしまい現実的ではない。ここではこれらの値を現地調査のデータにより推定することとする。LS係数を決定するにあたり、Fig.4に示すように、畑地帯の傾斜度と圃場区画からLS係数を作成することにより、効率的に圃場の区画調査をすることができる。また、併せて現地において畑の傾斜・形状を調査した（Fig.5）。

作物係数Cは今までの研究や観測データが作物毎にまとめられており、これらの値を利用した（構造改善局計画部，1992，谷山，1998）。茨城県で作付け面積が多い畑作物とそのC係数をTable 1に示す。また、C係数

Table 1 茨城県における畑作物の作付面積とC係数
（構造改善局計画部，1992，谷山，1998）
Area of field crop and C factor in Ibaraki prefecture

作物	面積 (ha)	C 係数
陸稲	4,280	0.266
小麦	7,380	0.16
カンショ	7,510	0.308
パレイショ	1,840	0.377
ダイズ	4,990	0.394
牧草	2,350	0.017
青刈りトウモロコシ	3,010	0.4
大根	1,330	0.383
ゴボウ	1,500	0.383
ソバ	1,980	0.3
白菜	2,770	0.3
ほうれん草	1,250	0.4
レタス	1,520	0.3
ネギ	856	0.5
スイートコーン	1,550	0.4
メロン	2,280	0.3
キャベツ	2,030	0.3
タバコ	1,210	0.6
芝	4,300	0.02

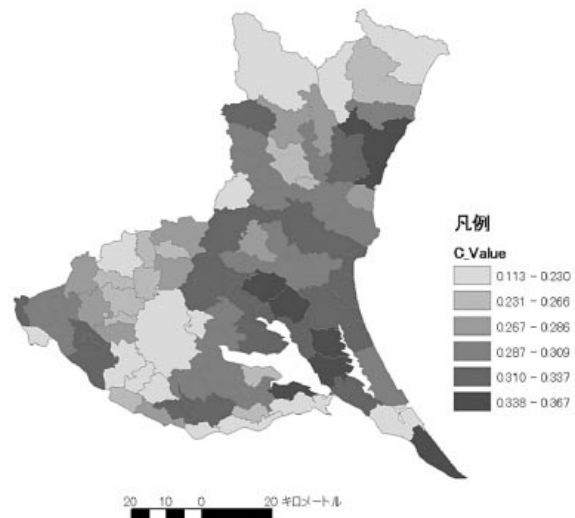


Fig.6 作物統計から求めたC係数分布図
C factor map determined using statistical crop areas.
（Statistical report of Ibaraki, Kanto, MAFF, 2002）

をマップ化するために、市町村の作付作物統計資料（関東農政局茨城統計事務所，2002）を用い，市町村別のC値を決定した（Fig.6）

保全係数Pとして，我が国における調査実績をとりまとめた横畝栽培（等高線栽培）の値がある（Table 2）．このようなP係数は点の情報であり，全国規模で縦畝・横畝を調査した結果や統計データが見あたらないことから，今回は平均的な値としてP=0.67と設定した（谷山ら，1998）．

Table 2 保全係数Pの値（種田,1980）

畑面の勾配	横畝栽培
1° ~ 4°	0.27
4° ~ 7°	0.30
7° ~ 10°	0.40
10° ~ 15°	0.45
15° ~ 25°	0.50

2 経済的評価手法

環境勘定の方法としていくつかの方法が考えられる．経済評価をする場合に，条件設定によって変わってくるため基準を決定する必要がある．通常の畑作に対し，単なる放棄地とするか放棄後10年程度経過したとするかによって条件は異なる．

ここでは，以下のような仮定の下に経済評価を行うこととする．

土壌侵食量の経済評価として，畑からの流出土砂が湖沼や河口に堆積した場合の浚渫費用（代替法）とした．また，耕作放棄後10年程度経過した場合と，現況で粗放的な管理をした場合について検討した．

このときの計算条件は次の通りとした．

- 茨城県の総畑面積：68,247ha，
- 湖沼や河口までの土砂の流達率：30%，
- 流達土砂の体積割合：50%，
- 比重：1.0t/m³，
- バックホー浚渫費用（運搬・仮置き費用込み）：3,500円/m³．

．土壌侵食量の推定

R，C係数分布図とP係数は既に方法で説明し作成したので，これ以外のK，L，S係数分布図と畦の効果について述べる．

1 K係数分布図の作成

茨城県の土壌データをマップ化し，加藤（1988）の土壌分類項目を全国土壌群に変換し，谷山（1988）の作成した各土壌群のK値から土壌係数K値の分布図を作成した（Fig.7）．茨城県南端の砂質土壌や旧河川部の沖積土などでK係数が小さいが，全体的にみると茨城県の

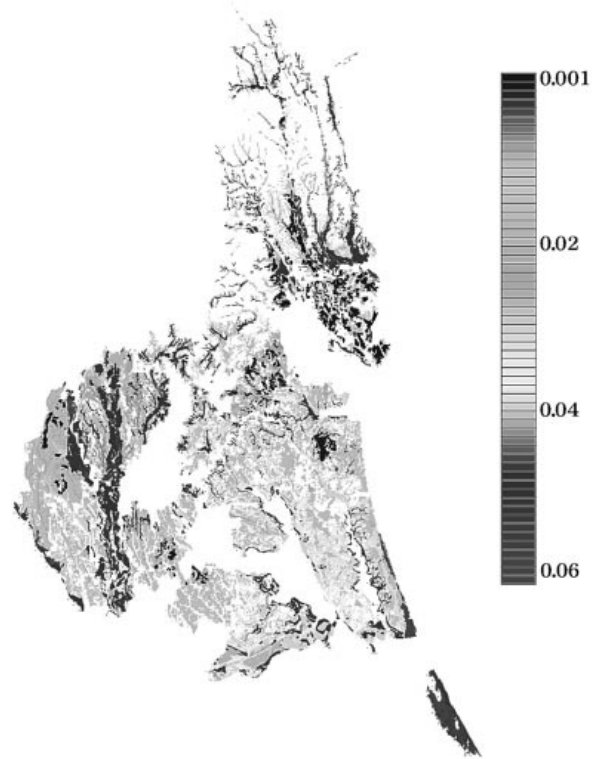


Fig.7 土壌図から求めた茨城県のK係数分布図
K factor map calculated from soil map and K table.

土壌はK値が比較的低く，侵食に強い土壌タイプといえる．

2 LS係数の決定

起伏のある斜面に分布する畑を対象に，Fig.4に示すような地区で斜面長・傾斜係数LSを求めた．圃場毎にLS値を求め畑の平均斜度との関係を見ると，高い相関が見られ（Fig.8），（3）式で推定できた．

$$LS = 0.0697s^{1.496} \dots\dots\dots (3)$$

ここで，LS: DEMから求めた畑のLS値．この式が示すように，畑の傾斜度のみからLS値を推定することができる．ただし，この場合は平均的な傾斜度で計算しており，畦構築による傾斜度の緩和条件は加味されていない．

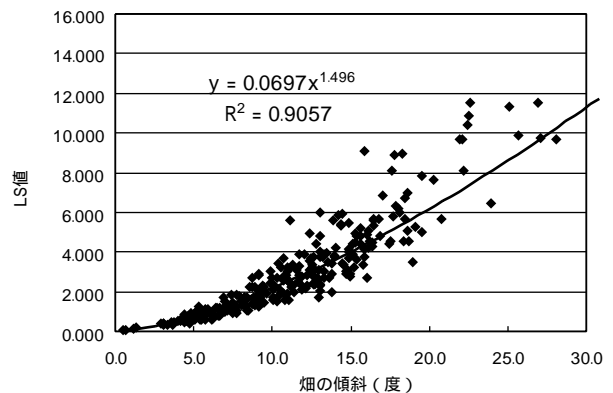


Fig.8 畑一筆単位の傾斜とLS値の関係
Relationship between field slope and LS factors

3 畦の効果推定

Fig.5に示す台地状の畑地帯で現地計測を行った結果、畑のA-A'断面では畦が形成されており畑面の傾斜を緩

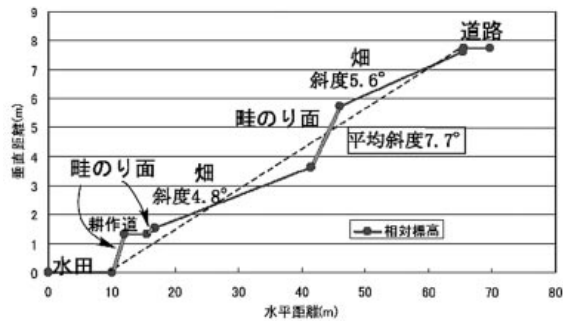


Fig.9 A-A'地点における圃場の断面形状 A-A' cross section form.

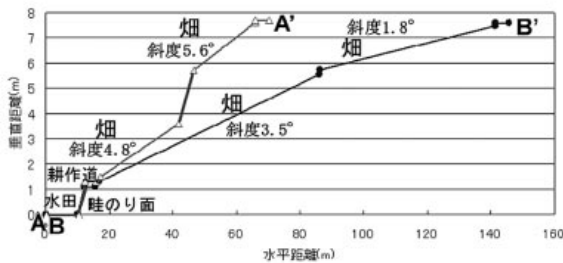


Fig.10 A-A'B-B'地点における圃場の断面形状 A-A' and B-B' cross section form.

くし斜面長も短くしている (Fig.9)。しかも約2mの標高差のある畦は植生により保護され、侵食の心配がない。同様にB-B'断面をみると (Fig.10)、傾斜が緩く斜面長が長い。畑の間にある畦も落差があまりない。これらのことから、傾斜が緩いところでは斜面長を比較的長くとり営農に有利なようにし、急になる部分では間に大きな落差の畦を作成して侵食防止対策をしているといえる。

畦を考慮しなければ (3) 式で計算できるが、畦による畑斜面の緩和効果が表現できない。たとえば、Fig.9 でみれば平均傾斜度である7.7°で計算され、実際より急な傾斜となる。これらの効果をみるために、A-A'断面、B-B'断面で圃場毎のLS値を (2) 式で計算し、Fig.6で求められる平均斜面で計算したときの値と比較した。このときの畦による効果をP'という係数として (4) 式のように定義し、修正したLS係数をLScとした。

$$LSc = LSP' \quad \dots\dots (4)$$

傾斜度とP'の関係をみると、Fig.11の関係が得られ、(5) 式で推定できた。

$$P' = 3.93 \exp(-0.324s) \quad \dots\dots (5)$$

P'の値は、傾斜が約4°までは (3) 式で得られた値より大きな係数となった。(3) 式は中山間の畑を対象としたため、長い斜面長の緩斜面が少なかったため、(3) の式では小さめの推定値になったものと推察され

る。また、傾斜が4°以上では減少させる効果、すなわち畦による傾斜の緩和、斜面長の短小化によって土壌侵食の防止効果があると推察される。

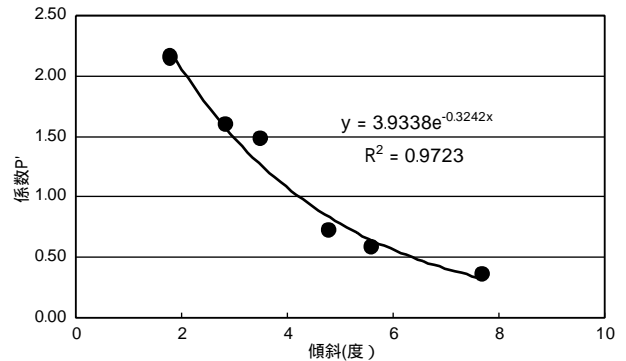


Fig.11 平均傾斜から求めた畦を考慮した補正係数

Fig.11 平均傾斜から求めた畦を考慮した補正係数P' Relationship between slope and correction coefficient of P'

4 土壌侵食量の推定

以上に述べたR,K,LS,C,P,P'の値を入力し、USLEに基づき計算した結果がFig.12である。面積的に大きな割合を占める平野部では侵食量が小さく (0.1t/ha/y未満)、一部傾斜地で2 t/ha/yを超える値であった。茨城県全体での平均土壌侵食量は0.98t/ha/yで推定され、農業総合研究所 (1998) の結果 (全国平均、現行の土地利用状態での平地農業地域で2.45t/ha/y) より約1/2.5で推定された。本報告では畑の現状を的確に表す傾斜・斜面長係数、畦の効果を考慮した補正係数により、正しく推定されたといえる。

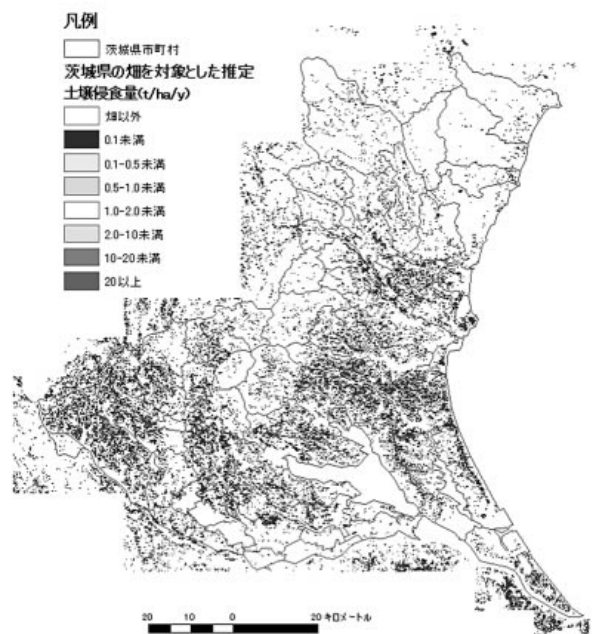


Fig.12 茨城県を対象とした土壌流亡量推定図 An estimation map of soil loss in Ibaraki prefecture.

これらの要因として、急な斜面では落差のある畦を構築することによって畑斜面の緩傾斜化され保全していること、また、落差のある畦は植生により被覆し植生を管理することにより侵食が起こらないようにしていることが挙げられる。永続して畑作を続けるために、農家が畑を整備・管理している結果、侵食量が抑えられているといえよう。実際には斜面長は同じ傾斜でも、山麓、台地上の緩傾斜地、大地辺縁部などの地形や防風林の有無等により、(5)式とは異なることが考えられる。地域の特性を代表しているか、また、地域ごとに調査をすることが必要であろう。

以上の結果は茨城県の畑から導き出したものであるが、大規模畑作地帯のような形状はこの推定の適用外と考えられ、別途検討・推定する必要がある。また、推定した式の調査地区も限られており、確固たるものにするには事例を増やす必要がある。また、今回は固定値0.67としたP係数も実情を反映した値にする必要があり、今後の課題である。このように、地域特性に応じて考慮すべき点はあるが、USLEに基づいた推定が全国規模で可能といえる。

・ 土壌流亡抑制効果の経済評価

経済評価の条件として、以下の2通りのケースを想定した。ここでは、各ケースの場合について、現状の流出土砂量に対しての増減で評価した。

現状の状態で畑からの流出土砂量による浚渫費用は、次式により約3,600万円と推定された。

$$\begin{aligned} \text{浚渫費用} &= \text{耕作放棄された場合の堆積量 (t)} \times \\ &\quad \text{浚渫単価 (円/m}^3\text{)} \times \text{比重 (t/m}^3\text{)} \times \\ &\quad \text{畑面積 (ha)} \\ &= 3,582 \text{万円} \end{aligned}$$

ケース1：

畑が放棄され、植生はスキー場のような草に覆われた状態で、畦が崩壊し自然地形の斜面長になった場合。

作物係数C値が平均で現在の0.28から0.02に減少し、畦の崩壊により自然地形の斜面長になった場合を想定し、LS値が約3倍に増加したとする。この場合の侵食量は0.23t/(ha・year)となり、現在よりも0.65t/(ha・year)減少する。僅かではあるが放棄によって植生の影響により減少すると推定される。次式で計算すると、浚渫費用は約2,800万円の減少となる。

$$\begin{aligned} \text{経済勘定} &= (\text{耕作放棄された場合の堆積量 (t)} - \\ &\quad \text{現状での畑からの堆積量 (t)}) \times \text{浚渫単} \\ &\quad \text{価 (円/m}^3\text{)} \times \text{比重 (t/m}^3\text{)} \times \text{畑面積} \\ &\quad \text{(ha)} \\ &= 2,763 \text{万円} \end{aligned}$$

ここでは、耕作放棄することによって自然植生に覆われるという仮定であり、地域や場所、土質によって変わ

ることが考えられる。精度をさらに高めるためには、これらの調査が必要となり今後の課題である。

ケース2：

現在の畑の状態で作物係数Cの大きい作物が粗放的に栽培された場合。

畑で作物係数の大きい作物が粗放的に栽培されたとして、CP値が現在の1.9倍と想定し土砂量と浚渫費用を計算すると、堆積土砂量は1.9万トン/年、費用は6,800万円/年、現状との差でみると、 $Y = 0.92t / (\text{ha} \cdot \text{year})$ 、浚渫費用で3,200万円の増加となる。

ケース1では、放棄後植生に覆われるという前提の結果であり、実際には放棄後初年目に大きな侵食が発生し、その後は侵食があまり発生しないという想定である。初期の侵食で植生が繁茂しない状況が発生すれば、ここで与えた結果より大きな侵食量が考えられる。今後、放棄した場合の侵食状況についてのデータを用いてより精度の高い推定をする必要がある。

ケース2では、粗放的な管理をした場合であり、放棄した場合よりも大きな土壌侵食量が推定された。このように、保土管理の違いで大きく変化することがわかる。また、横畝栽培だけでなく被覆材の使用など、きめの細かい営農管理によって侵食が抑えられていることも考えられ、管理状況の実態を把握する必要がある。

・ 結 言

本報告では、畑を対象に土壌侵食量の広域推定とその抑制効果について経済評価を行った。侵食量の推定手法として、USLEをベースに必要なデータを収集し、補正を加えることによってより精度の高い推定手法を開発した。特に、代表的な地区で畑のサイズと傾斜から求めたLS値と傾斜の関係を明らかにした。また、急傾斜地の畑では落差の大きい畦を構築し、畑面の緩傾斜化と斜面長の短小化を考慮した補正係数を導出し、より精度の高い推定を可能とした。

これらの推定式から、茨城県を対象に畑からの土壌侵食量を推定した結果、0.98t/(ha・y)の値が得られた。また、現況、耕作放棄した場合、粗放な畑の管理をした場合について浚渫費用に換算して経済評価を行った。その結果、現況では茨城県全体で3,600万円、耕作放棄した場合は現況より2,800万円の減少、粗放的な栽培をした場合で現況より3,200万円の増加となった。

広域の土壌侵食量およびその経済評価は地域特性に左右され、正確に推定するのは簡単ではない。ここで求めた方法でも改良すべき点があるが、以前の手法よりも高度化できたといえる。

参考文献

- 1) A. Folly, J.N. Quinton, R.E. Smith (1999): Evaluation of the EUROSEM model using data from the Catsop watershed, The Netherlands, *Catena* 37, pp.507-519
- 2) A. Takagi, S. Nakano, T. Tomosho (2001): Analysis of soil erosion and sediment transport along a rill channel using a sediment transport model, *JARQ*, 35 (4), pp.245-254
- 3) C. Valentin, J.M. Herbes (1999): Niger tiger bush as a natural water harvesting system, *Catena* 37, pp.231-256
- 4) Hairsine, P.B. (1988): A physically based model of the erosion of cohesive soils Ph.D. dissertation, Griffith University, Brisbane, Australia.
- 5) I. Takken, L. Beuselinck, J. Nachtergaele, G. Govers, J. Poesen, G. Degraer (1999): Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM), *Catena* 37, pp.431-447
- 6) 上村健一郎, 塩野隆弘, 小倉 力 (1998): 広域土壌侵食危険度評価におけるUSLE適用上の問題点と対応策, 総合的開発研究「貿易と環境」研究会資料, pp.26-35
- 7) Karl Herweg, Eva Ludi (1999): The Performance of selected soil and water conservation measures-case studies from Ethiopia and Eritrea, *Catena* 37, pp.99-114
- 8) 加藤好武 (1988): 日本における農耕地土壌情報のシステム化に関する研究, 農業環境技術研究所報告, 4, pp.1-65
- 9) 関東農政局茨城統計事務所 (2002): 茨城農林水産統計年報 - 2001~2002 -
- 10) Kirkby, M.j. and Morgan, R.P.C. (1980): Soil Erosion -Soil loss estimation-, John Wiley and Sons, pp.34-38.
- 11) 小出 博 (1973): 日本の国土 (下), 東京大学出版会, pp.346-351
- 12) 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), pp.1-191
- 13) Lane, L.J, E.D. Shirley, and V.P. Singh (1988): Modelling erosion on hillslopes, In: M.G. Anderson (ed.) Modelling geomorphological systems, John Wiley Publ., New York, pp.287-308.
- 14) McCuen, R.H. and W.M. Snyder (1983): Hydrologic modeling: statistical methods and applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- 15) Meyer L.D. and W.H. Wischmeier (1969): Mathematical simulation of the processes of erosion by water, *Transactions ASAE* (12), pp.754-758.
- 16) 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
- 17) 日本土壌協会 (1994): 農耕地環境保全情報システム事業報告書, 共和印刷
- 18) 農業技術研究所科学部土壌第3科 (1983): 農耕地土壌の分類 - 土壌統の設定基準および土壌統一覧表 -, 農業技術研究所
- 19) 農業総合研究所「農業・農村の公益的機能の評価検討チーム」(1998): 代替法による農業・農村の公益的機能評価, 農業総合研究, 52 (4), pp.113-138.
- 20) R.E. Smith, D.C. Goodrich, C.L. Unkrich (1999): Simulation of selected events on the Catsop catchment by KINEROS2 - A report for the GCTE conference on catchment scale erosion models -, *Catena* 37, pp.457-475
- 21) R.E. Smith, and M.D. Young (1998): Costing soil erosion: A state-wide approach, *Land Degrad. Develop.* 9, pp.513-527
- 22) 清野 豁 (2000): 農業における多面的機能の技術的検証, 農業と経済, 2000 (5), pp.13-20
- 23) S.M. de Jong, M.L. Paracchini, F. Bertolo, S. Folving, J. Megier, A.P.J. de Roo (1999): Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data, *Catena* 37, pp.291-308
- 24) 総合的開発研究「貿易と環境」(2001): 温暖地畑作地帯における土壌流出の定量的評価, 総合的開発研究「貿易と環境」報告書, pp.94-95
- 25) 高木 東 (1999): 土壌流亡防止機能, 総合的開発研究「貿易と環境」中間とりまとめ報告書, pp.29-34
- 26) 種田行男 (1980): 我が国における流亡土量の予測, 農地保全の研究No.1
- 27) 谷山一郎 (1998): 日本におけるUSLE土壌・作物係数の推定, 総合的開発研究「貿易と環境」研究会資料, pp.6-14

Evaluation of Farmland Conservation for preventing Soil Erosion

- Evaluating fields in Ibaraki prefecture, Japan -

OGAWA Shigeo, SHIMA Takeo, YOSHISAKO Hiroshi and FUKUMOTO Masato

Summary

Agricultural areas have multiple functions attended crop cultivation. If fields are cultivated roughly, erosion would be occurred and it occurs some problems in down stream. Japanese farmers are usually managed to protect soil erosion in many ways, such as terracing in steep fields, vegetation or stems cover, setting green belt area or sedimentation tank. These effects to protect soil erosion and estimation of current erosion are needed in regional or national scale.

We estimated current soil loss from field based USLE (Universal Soil Loss Equation) in Ibaraki prefecture. LS factors were estimated from fields lot and DEM (Digital Elevation Model) . We developed terracing effect based on field survey. The results show that estimated soil loss map was created and soil loss was 0.98 t/ha/y in Ibaraki prefecture. Estimated soil loss was low value.

Using these improved soil loss estimation methods based on USLE, we evaluate economic effect in two scenarios. We estimate each case by dredge cost. Current costs are estimated 68 million JPY in Ibaraki. If all fields are abandoned and covered with natural vegetation, 28 million Japanese Yen (JPY) is less than current cultivation. However, if all fields are cultivated roughly and are not considered to protect soil loss, 32 million JPY is increased than current cultivation.

This improved soil loss estimation method could be estimated in wide area. However, this estimation method is not perfect because farmer ' s soil conservation methods and effects are various. It should be improved in future.

Keywords : multiple functions, soil erosion, economic evaluation, prevention of soil loss