

機関番号：82111
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20580271
 研究課題名（和文） 気候変動に伴う農地の土壌侵食危険度評価に関する研究
 研究課題名（英文） Expected impact of climate change on soil erosion in farmland
 研究代表者
 塩野 隆弘（SHIONO TAKAHIRO）
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農地・水資源部・農地工
 学研究室・研究室長
 研究者番号：30343982

研究成果の概要（和文）：日本全国の畑地を対象として、地球温暖化の気候変動が土壌侵食の降雨因子に与える影響を予測した。影響予測には、地域気候モデル RCM20 の日降水量データを用い、過去および将来の USLE の降雨係数 R を推定し比較した。その結果、将来の降雨係数 R の全国平均値は過去の値に比べて 1.23～1.26 倍となり、将来の気候変動により畑地の土壌侵食量は増加することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：Impact of climate change on soil erosion for all farmland in Japan was assessed. The values of rainfall erosivity, R for the past and the future were compared. The R values were estimated based on the daily rainfall estimation with RCM20, Regional Climate Model 20. The comparisons showed that average of the R values for the future were 1.23 to 1.26 times for the past. The result suggests that climate change would increase soil erosion in farmland in the future.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 1,600,000 | 480,000 | 2,080,000 |
| 2009年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2010年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,600,000 | 1,080,000 | 4,680,000 |

研究分野：農地工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：気候変動、土壌侵食、降雨係数、RCM20

1. 研究開始当初の背景

近年、全球的な大気や海洋の平均温度が上昇する地球温暖化の傾向が報告されている。この地球温暖化は、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が高いといわれている。IPCC（2007）は、気候モデルの研究から 1990 年から 2100 年にかけて気温は 1.4～5.8℃上昇すると予測しており、今後も温暖化が進むと予測されている。温暖化は、降水量の変化や降水パターン変化、異常気象の発生頻度の増加などの気候変動を引き起こしていると考えられている。国土交通

省水資源部（2005）は、日本では約 100 年後には渇水と豪雨の頻度が増大すると予想している、豪雨に関しては、50 年後の 100 年確率年最大日降水量は全国的に 10～20%増加し、100 年後にはさらにその傾向が強まると報告されている（和田ら、2005）。

豪雨頻度の増加は、洪水や土砂災害などの災害危険度が高まるほか、農業とその周辺環境へも悪影響を与える。その一つとして、農地の土壌侵食の進行による農業生産基盤と周辺水環境の劣化の深刻化が挙げられる。これは、農地の土壌侵食の多くが豪雨発生時に

発生することによる。農地の土壌侵食は、作物生産に必要な作土を農地から損失させて作物収量の減少をもたらす(佐久間、1990；谷山、1990)、また、農地からの土砂流出とそれに伴う環境負荷物質の流出が湖沼や沿岸水域での土砂堆積や水質汚濁を引き起こす(三原ら、1996；秀島ら、2002；大澤ら、2004)。こうした中、農地の土壌侵食防止の技術開発(中尾ら、1996；吉永ら、2007)や農地からの土砂・負荷物質の流出制御に関する技術開発(中ら、1997；鶴木ら、2007；塩野ら、2007)、水質保全対策事業などの農業農村整備事業による行政施策が実施されてきており(上里、1997；谷口ら、2004；福田、2006)、土壌侵食に伴う農業生産基盤およびその周辺水環境の劣化防止に対する関心が極めて高い。

したがって、地球温暖化の気候変動に伴って、将来、日本の農地の土壌侵食危険度がどの程度変化するかを事前に評価しておくことは、将来の農業生産基盤および周辺水環境の劣化への対策方針を検討する上で重要な情報となる。

気候変動に伴う土壌侵食危険度評価は、全球レベルでの農地を含む全ての土地を対象とした $0.5 \times 0.5^\circ$ メッシュ単位での評価事例(Yang et al., 2003)や海外(Nearing, 2001；O'Neal et al., 2005)を対象とした評価事例がなく、日本の農地を対象として評価された報告はみられない。したがって、現在のところ、気候変動に伴う農地の土壌侵食に起因する将来の農業生産基盤と周辺水環境の劣化に対応する対策を検討するための情報が存在しない。このため、日本における気候変動がもたらす農地の土壌侵食危険度の評価を行う必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、地球温暖化に伴う気候変動により、将来、畑地の土壌侵食危険度がどの程度変化するかを事前に評価するため、降雨の土壌侵食危険度指標を用いて、地球温暖化の気候変動に伴う日本全国の畑地の土壌侵食危険度を評価する。

3. 研究の方法

地球温暖化予測のための地域気候モデル RCM20(気象庁提供)の日降水量の計算値から土壌侵食の降雨因子の指標値である月別 EI_{30} と降雨係数 R を推算し、過去と将来の値を比較して気候変動に伴う日本の畑地の土壌侵食危険度の評価を行った。作業フローを図1に示す。

RCM20は、気象研究所が開発した水平解像度 20km の高解像度の地域気候モデルである。気象庁(2005)は、RCM20を用いて、温室効果ガス濃度の将来の変化シナリオ IPCC の

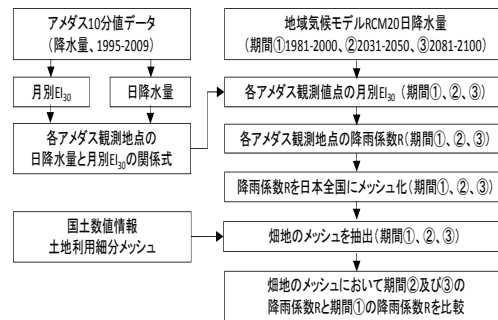


図1 月別 EI_{30} 及び降雨係数 R の過去と将来の値の比較の作フロー

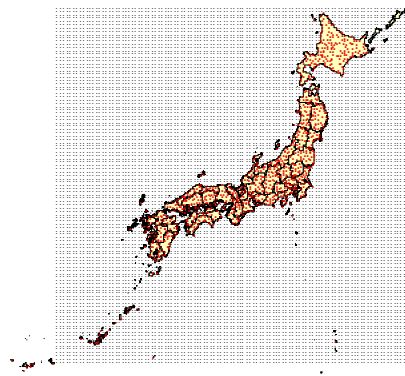


図2 RCM20 データの対象範囲(計算格子点を黒丸で表示)とアメダス観測地点(赤丸)の位置図

SRES A2 シナリオ(経済重視で地域志向が強まると仮定したシナリオ、2100年の二酸化炭素濃度は約 860ppm)にしたがって、約 100 年後までの日本周辺における気候変動予測を行った。これにより、3 期間(①1981~2000年、②2031~2050年および③2081~2100年)における各気候要素の予測値が地球温暖化予測情報データとして提供されている。データは 20km 間隔の格子ごとに記録されており、格子数は東西・南北ともに 109 である。データの対象範囲を図2に示す。

EI_{30} と降雨係数 R は、Wischmeier and Smith (1978) が示した農地における土壌侵食の降雨因子の指標値である。 E は一連続降雨の運動エネルギー ($\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$)、 I_{30} は一連続降雨の最大 30 分間降雨強度 ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) である。 EI_{30} は E と I_{30} の積で、月別 EI_{30} は月ごとの積算値である。 R は、 EI_{30} の年間積算量の平均値であり(1)式で表わされる。

$$R = \sum(EI_{30}) / N \quad (1)$$

ここで、 N : データの収集年数(年)である。

RCM20の日降水量データから月別 EI_{30} と降雨係数 R を推算するため、以下に示す日降

水量と月別 EI_{30} の関係式 (Yu et al., 2001) を用いた。

$$EI_{30,j} = \alpha \left[1 + \eta \cos \left\{ \frac{2\pi}{12} (j - \omega) \right\} \right] \sum_{k=1}^M D_k^\beta \quad (2)$$

ここで、 $EI_{30,j}$: j 月の月別 EI_{30} ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)、 D_k : k 番目の日降水量 (mm)、 M : 日雨量が基準降水量 (12.7mm) を超えた日数、 α 、 β 、 η 、 ω : パラメータである。

はじめに、アメダス観測地点 (1043 地点) ごとに(2)式を決定するため、アメダス 10 分値データ (気象庁提供、観測期間 1995~2009 年) の降水量データを用いて月別 EI_{30} と日降水量を求めた。これらを(2)式に入力し、準ニュートン法により各パラメータ (α 、 β 、 η 、 ω) を求めた。

次に、過去と将来の月別 EI_{30} と降雨係数 R を推算した。まず、RCM20 の日降水量データを空間内挿して各アメダス観測地点 (1043 地点) における日降水量データを作成した。これをパラメータ決定済みの(2)式に入力して、期間①1981~2000 年、②2031~2050 年および③2081~2100 年における各アメダス観測地点の月別 EI_{30} および降雨係数 R を求めた。

求めた月別 EI_{30} および R を日本全国にメッシュ化し (メッシュサイズ $100\times 100\text{m}$)、国土数値情報土地利用細分メッシュに基づいて土地利用が畑地であるメッシュを抽出した

(メッシュ数 3,056,717、陸域における全メッシュ数の 8.6% に相当)。抽出したメッシュについて期間①の降雨係数 (R (①)) に対する期間②及び③の降雨係数 (R (②) 及び R (③)) の割合を求め、将来の気候変動が土壤侵食の降雨因子に与える影響を調べた。

4. 研究成果

(1) 現在の気候条件における降雨係数 R および月別 EI_{30} の特徴

現在の気候条件における降雨係数 R の特徴を明らかにするため、アメダス 10 分値データ (観測期間 1995~2009 年) の降水量データを用いて計算した月別 EI_{30} および降雨係数 R を求めた。図 3 は日本全国の全ての土地利用を対象として求めた降雨係数 R の分布図である。 R は $721\sim 35,992 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ の範囲に分布し、 R の平均値と標準偏差は $6,097$ および $4,579 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ である。 R は、北日本で小さく南日本で高い傾向がみられる。特に、北海道と東北地方で $5,000 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ 以下の値が多くみられる。また、東海地方の一部、紀伊半島南部、四国南部、九州南部および南西諸島で $12,500 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ 以上の値が分布している。

畑地メッシュ全体を対象とした場合、 R は $721\sim 35,299 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ の範囲に分布し、

R ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$)

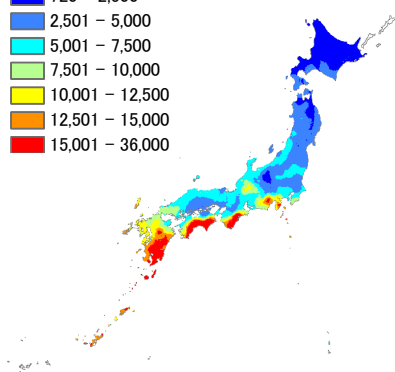
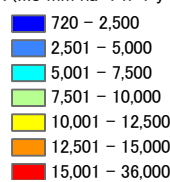


図3 日本全国の全ての土地利用を対象とした降雨係数 R の分布図

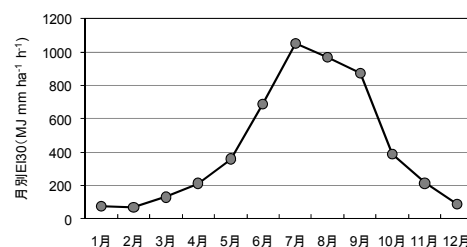


図4 畑地メッシュを対象とした月別 EI_{30} 値

平均値と標準偏差は $5,130$ および $4,574 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{y}^{-1}$ である。月別 EI_{30} の平均値は、 $76\sim 1,051 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ の範囲であり、7 月をピークとして夏期に高い数値を示し、冬期に小さい値を示す (図 4)。

(2) 日降水量と月別 EI_{30} の関係式の適合性

日降水量と月別 EI_{30} の関係式の適合性の検討事例として、アメダス観測地点諫早 (地点番号 84441) における月別 EI_{30} の計算値とその推定値の比較結果を示す (図 5)。計算値はアメダス 10 分値データ (降水量) から計算した値であり、推定値はパラメータ決定済みの(2)式にアメダス 10 分値データ (降水量) から作成した日降水量を入力して求めた値である。計算値と推定値は 1:1 line に沿ってプロットされ比較的一致している。また、決定係数 R^2 は 0.89 であった。このことから、アメダス観測地点諫早に関しては月別 EI_{30} の推定に(2)式が有効であることが示唆された。

次に、各アメダス観測地点 (1043 地点) における月別 EI_{30} の計算値と(2)式を用いて求めた推定値を比較して求めた決定係数 R^2 のヒストグラムを図 6 に示す。 R^2 が 0.5 以上を示した地点は、観測地点全体の 97% を占める。一方、残りの 3% の観測地点で R^2 が 0.5 未満となった主な原因は、特異性が高いと考えら

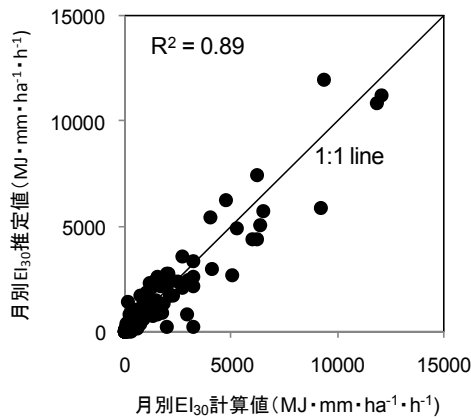


図5 アメダス観測地点諫早における月別 EI_{30} の計算値と推定値の比較

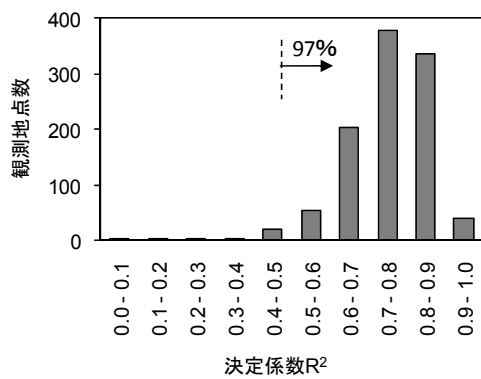


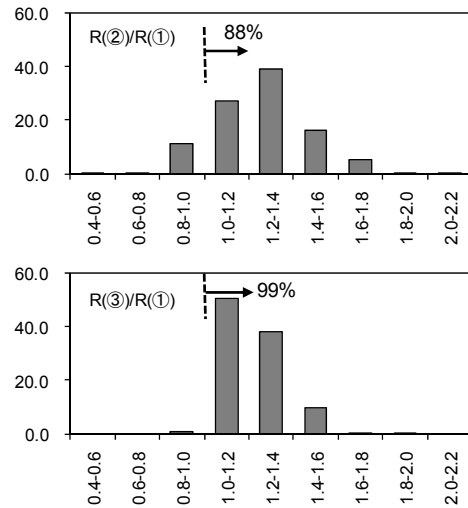
図6 各アメダス観測地点における(2)式の決定係数 R^2 のヒストグラム

れる 1~数事象の降雨イベントによるものであり、期間全体を通してみれば(2)式により求めた $EI_{30,j}$ はアメダス 10 分値データから求めた月別 EI_{30} 値を再現していた。これらのことから、降雨係数 R の基となる月別 EI_{30} の推定に(2)式を用いることが可能であることが示唆された。

(3) 気候変動が降雨係数 R に与える影響

畑地のメッシュ全体を対象とした $R(2)/R(1)$ と $R(3)/R(1)$ の平均値は、それぞれ 1.26 と 1.23、標準偏差は 0.21 と 0.12 であった。このことから、畑地全体でみた場合、土壌侵食の降雨因子は、将来予測されている気候変動によって、平均で 2 割程度土壌侵食量が増加する方向に影響を受けることが示唆された。また、 $R(2)/R(1)$ と $R(3)/R(1)$ のヒストグラム (図 7) によれば、1.0 以上を示すメッシュ割合はどちらの場合も高く、 $R(2)/R(1)$ が 88%、 $R(3)/R(1)$ は 99% であった。このことは、一部を除きほとんどの畑地が気候変動によって土壌侵食量が増加する方向に影響を受けることを示唆している。

土壌侵食が増加する地域は全国的である。



$R(2)/R(1)$, $R(3)/R(1)$

図7 降雨係数 R (期間①)に対する R (期間②および③)の割合のヒストグラム

さらに詳細に地域的な特徴をみると、期間②において $R(2)/R(1)$ が 1.0 未満となる地域は、北海道東部、九州南東部および南西諸島の一部に見られる。また、 $R(2)/R(1)$ が 1.5 以上となる地域は、北海道北部、東北北西部および中部地方の一部にみられる。期間③において $R(3)/R(1)$ が 1.0 未満となる地域は、九州南東部および南西諸島の一部に見られる。また、 $R(2)/R(1)$ が 1.5 以上となる地域は、北海道~九州東部にかけて散見された。

(4) 気候変動が月別 EI_{30} に与える影響

気候変動が月別 EI_{30} 値へ与える影響度合いについてもおおむね通年で増加している。畑地のメッシュ全体を対象として、期間①の月別 EI_{30} ($EI_{30}(1)$) に対する期間②及び③の月別 EI_{30} ($EI_{30}(2)$ 及び $EI_{30}(3)$) の割合の平均値を図 8 に示す。 $EI_{30}(2)/EI_{30}(1)$ の平均値は、7~9 月では 0.99~1.44、それ以外の月では 1.50~2.30 の範囲であり、夏期にやや低い傾向を示した。この期間は、現在の気候条件において月別 EI_{30} が相対的に高い値を示す月に該当している。一方、 $EI_{30}(3)/EI_{30}(1)$ の平均値は、全期間を通して 1.01~1.43 の範囲であり、月による偏りはみられなかった。

(5) 結論

日本全国の畑地を対象として、気候変動に伴う将来の土壌侵食への影響を予測した。その結果、将来の降雨係数 R の全国平均値は過去の値に比べて 1.23~1.26 倍となり、将来の気候変動により畑地の土壌侵食量は増加することが示唆された。土壌侵食量が増加する地域は全国的であり、増加する時期もほぼ通年であると推測された。

この結果は、農地の土壌侵食に起因する将

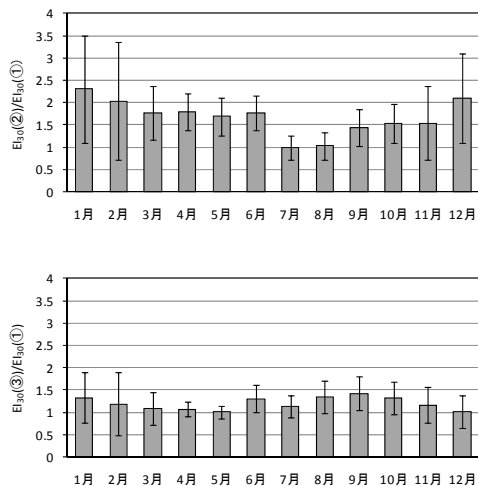


図8 畑地メッシュを対象とした月別 E_{50} (期間①)に対する月別 E_{50} (期間②および③)の割合の平均値

来の農業生産基盤と周辺水環境の劣化に対応する対策を検討するための情報として活用されることが期待される。

謝辞：地域気候モデル RCM20 は気象庁より提供を受けた。ここに記して感謝の意を表します。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

- ① Shiono, T., Haraguchi, N. and Miyamoto, K., Evaluation of a grass field for reduction of sediment runoff from agricultural area, Desalination and water treatment, Refereed, 19, 2010, 198-204
- ② 吉迫宏、小川茂男、塩野隆弘、棚田における土壌流出と土壌流亡予測式の係数算出、システム農学、査読有、25(4)、2009、205-213
- ③ 小川茂男、塩野隆弘、吉迫宏、島武男、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、査読有、25(3)、2009、145-155
- ④ Shiono, T., Haraguchi, N., Miyamoto, K., Shinogi, Y., Miyamoto, T. and Kameyama, K., Evaluation of strips of centipede grass for sediment load reduction, Water Science and Technology, Refereed, 58(12), 2008, 2347-2353

〔学会発表〕(計9件)

- ① 塩野隆弘、土壌侵食の広域推定と土砂流出対策、農業農村工学会農地保全研究会研究集会、2010年10月7日、群馬県市町村会館

- ② 吉迫宏ほか、棚田水田におけるUSLEの適用検討と係数の算出、システム農学会2009年春季一般研究発表会、2009年5月30日、東京農業大学
- ③ Ogawa, S. et al., Evaluating the function of soil erosion prevention on farmland based on satellite images and GIS database – Case study of all farmlands on Okayama prefecture, Japan, Asian conference on remote sensing, 2008年11月12日、Colombo, Sri Lanka
- ④ 塩野隆弘ほか、センチピードグラス草生帯の赤土流出軽減特性解析、平成20年度農業農村工学会大会講演会、2008年8月27日、秋田県立大学
- ⑤ 小川茂男ほか、GISをベースとした農地の持つ土壌侵食防止機能の評価—岡山県を事例として—、システム農学会2008年度春季一般研究発表会、2008年5月24日、西条市総合文化会館

6. 研究組織

(1)研究代表者

塩野 隆弘 (SHIONO TAKAHIRO)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農地・水資源部・農地工学研究室・研究室長

研究者番号：30343982

(2)研究分担者

小川 茂男 (OGAWA SHIGEO)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・企画管理部・業務推進室・室長

研究者番号：00414425