

令和元年5月31日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07938

研究課題名(和文) 土壌保全および水・物質動態解析のための気象情報・土壌侵食特性の統合的整備

研究課題名(英文) Integrated development of weather and soil erodibility data sets for the soil and water conservation analysis model

研究代表者

大澤 和敏 (Osawa, Kazutoshi)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：30376941

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、農林地や流域における土壌保全および流域水・物質動態解析の主要なシミュレーションモデルであるWEPP (Water Erosion Prediction Project) を対象として、日本をはじめとする諸外国でもモデルの適用性を向上させるため、気象や土壌情報を統合的に整備し、その共有化を図るため、室内実験、現地試験、そして数値シミュレーションを通して遂行した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、農地保全や流域物質動態の健全化の観点から重要視されている土壌侵食および負荷物質の流出に関する解析モデルの適用性を向上させるため、気象や土壌情報を統合的に整備する研究を遂行した。これにより、これまで多大な時間と労力をかけていたモデルの入力データの作成が飛躍的に容易になること、検討が不十分であった米国以外の土壌の侵食性の評価が系統的になされることによって、物質動態の基盤となる土壌侵食の予測精度の向上が期待できること、同一の解析モデルと同質の入力データを用いる本解析によって、予測精度の不均一性がなくなり、各地域で今後展開すべき侵食防止対策の具体的検討が可能となる。

研究成果の概要(英文)：In this research, in order to improve the applicability of the model in Japan and other countries, we focused on Water Erosion Prediction Project, WEPP, which is a representative simulation model for soil erosion in farmland and sediment dynamics in watershed. We carried out laboratory experiments, field tests, and numerical simulations to develop weather and soil erodibility data sets.

研究分野：農地保全学，流域物質循環学

キーワード：土壌侵食 WEPPモデル 土壌環境保全 環境保全型農業 農業工学

1. 研究開始当初の背景

近年、流域における健全な水・物質循環の重要性が認識され、そのような中で育まれる人間生活や生態系の保全への関心が国内外で高まっている。国内における農地では、大規模な農地開発とともに、近代的な農業経営が導入されたため、侵食による土壌や土壌に含まれる栄養塩の流出が顕著になっている。筆者がこれまで研究を進めている沖縄県における過剰な土壌侵食によるサンゴ礁の劣化の他にも、群馬県における高原野菜農地や北海道の大規模農地でも、土壌侵食に伴う農地の劣化や流出した土砂や栄養塩などが水域の自然環境劣化に大きく関与している。

農地は経常的な負荷物質の発生源であり、近い将来何らかの保全対策が義務付けられる可能性が高い。対策の方法としては、植生帯、不耕起栽培、マルチングなど何らかの負荷物質流出防止対策が検討されている。そのためには、農地スケールおよび流域スケールを視野に入れた土砂・栄養塩の動態の現状を時間・空間的に捉え、さらに負荷流出抑制対策の効果について解析モデルを用いて予測する必要がある。筆者らは、これまでの研究活動の中で、水・物質動態解析モデル

を用いた解析を行い、土木対策や環境保全型農業を想定したシナリオにおける土壌流亡、栄養塩流出の軽減効果を定量評価した(図1)。農地における土壌侵食や流域における土砂動態解析に用いたシミュレーションモデルは、米国農務省が開発した WEPP(Water Erosion Prediction Project)であり、農地や流域における栄養塩動態解析に用いたシミュレーションモデルは、米国で開発された SWAT(Soil and Water Assessment Tool)であった。両モデルは、農地および流域スケールで適用が可能で、水やそれとともに移動する土壌や栄養塩の動態を現象に即した形で表現しているプロセスベースのモデルであり、実態の再現、広域評価、土木対策方法や営農的対策による効果の算定等に用いることができる有力なモデルである。準備すべき気象、土壌、地形、土地管理の時空間的情報は、米国での適用に限り、これらの入力データのデータベースが既に整備されており、ユーザーは必要に応じてデータをダウンロードしてただちにモデルを適用することができる。しかしながら、日本を含むそれ以外の地域では、これらのデータを独自に収集およびデータの整備を行う必要があり、この過程がモデルの利用を困難にしている主要な要因となっている。特に、米国以外の土壌や土地管理などの地域特性がモデルの関数の決定に十分反映されていないことも問題点として挙げられる。また、気象データも独自の形式を用いているので、ユーザーは準備に多大な時間を労している状況にある。

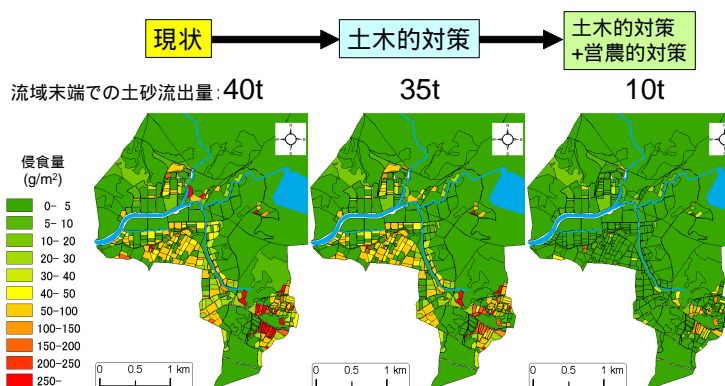
2. 研究の目的

本研究課題では、農林地や流域における土壌保全および流域水・物質動態解析の主要なシミュレーションモデルである WEPP や SWAT を対象として、米国外の日本をはじめとする諸外国でもモデルの適用性を向上させるため、気象や土壌情報を統合的に整備し、その共有化を図るため、資料分析、室内実験、現地試験、そして数値シミュレーションを通して遂行することを目的とした。具体的には、(a)過去から将来の気象入力要素の全国的整備および統計処理、(b)国内主要土壌を用いた土壌の受食性の系統的評価、(c)土壌物性値と受食性係数の関係性の検討、(d)新たに整備された情報を用いた水・物質動態の地域毎の比較・評価、という4つの具体的な目標を掲げ研究を遂行した。

3. 研究の方法

【目標(a)】 WEPP や SWAT の気象入力データは、観測値をもとに整備するのが一般的である。一方、WEPP は気象要素のシミュレータ(CLIGEN(CLimate GENerator))が付属しており、既存の気象観測値の統計値を用いて仮想の気象データを生成することができるため、確率降雨に基づいたリスク評価が可能になっている。そこで、日本国内における過去数十年間のアメダスや地上気象観測値を用いて、任意の地点における気象要素の自動生成プログラムの開発と CLIGEN に用いる統計値の整備を国内全ての地域で行い、これらのモデルの適用性の向上を図る。また、近年問題視されている気候変動による大雨や短時間強雨によるリスク評価が可能となるようにデータベースを整備する。

【目標(b)】 土壌の状態は雨水の浸入、表面流に起因する土粒子の剥離、雨滴侵食、そして侵食された土砂の運搬に大きく寄与する。これらを表現するための代表的な土壌受食性の変数として、インターリル侵食係数、リル侵食係数、限界掃流力、有効透水係数がある。これらは米国



* 確立降雨1年の降雨イベントで試算

土木的対策と営農的対策を合理的に組み合わせることで、効果的に土砂流出量を抑制可能

図1 土砂流出抑制対策の数値シミュレーション結果
(WEPPに基づいた解析モデルを利用)

内の主要な土壌を用いた実験によって土性(粘土・シルト・砂の割合), 有機物含有率などの物性値から求める推定式が提案されている。しかし, この推定式が米国以外の土壌に適用できるかどうかは不明であるため, 日本の主要土壌を用いて, それらの係数の実測を行う。インターリル侵食係数は降雨シミュレータを用いた野外および室内実験, リル侵食係数と限界掃流力はリルを有した流路を用いた野外および室内実験, 有効透水係数は自然降雨による野外試験で実測する。用いる土壌は, 沖縄県の赤色土, 群馬県と栃木県の黒ボク土, 福島県の褐色森林土などの代表的な土壌を用いる。

【目標(c)】(b)の結果, 土壌の基礎的な物性値, 既存の土壌図や土壌基礎情報を用いて, インターリル侵食係数, リル侵食係数, 限界掃流力, 有効透水係数を決定するための説明変数について検討する。

【目標(d)】(a)によって国内の気象入力データ, (b)および(c)によって土壌入力データが整備される。それとともに, 地形, 土地利用, 営農方法の情報を収集し, 国内で, 土壌侵食が問題視されている沖縄県および群馬県へ WEPP を用いた解析を実施する。同一の解析モデルと同質の入力データを用いる本解析によって, 予測精度の不均一性がなくなり, 各地域で今後展開すべき侵食防止対策の具体的検討が可能となる。

4. 研究成果

(1) 日本で WEPP モデルを適用するための気象入力データ自動作成プログラムの構築と活用

作成した気象データ自動作成プログラムを用いて, 石垣島観測所における観測値と CLIGEN による仮想データの整合性を確認した。その結果, 日降水量, 気温, 露点温度, 風向・風速等の観測値と CLIGEN は同等であった。

沖縄県石垣島を対象としてサトウキビの春植え栽培を行った場合の土壌侵食量を WEPP モデルより推定した結果, 13.5t/ha/y となった。既存の観測値¹⁾によると土壌侵食量は 8~17t/ha/y であり, 今回の結果は妥当なものであった。

得られた 152 地点の CLIMATE ファイルを WEPP モデルに入力し, 100 年間のシミュレーションを行った(図 2, 図 3)。年降水量の平均値は 1680 mm/y, 年土壌侵食量の平均値は 6.67t/ha/y となった。降水量は, 北海道, 東北は小さい傾向にあり, 関東から西では大きい傾向にある。また, 関東より西の太平洋側や九州, 沖縄では流出水量が大きいことが分かる。土壌侵食量は流出水量と同様に関東から西の太平洋側で大きくなった。50 年確率日雨量に対する土壌侵食量では日本の年間許容流亡量 10t/ha/y を超える地点が 152 地点中 77 カ所あった。そのような地点では何らかの対策が必要である。

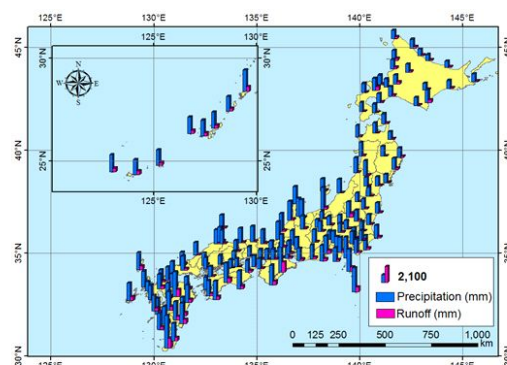


図 2 日本の年平均降水量と流出水量

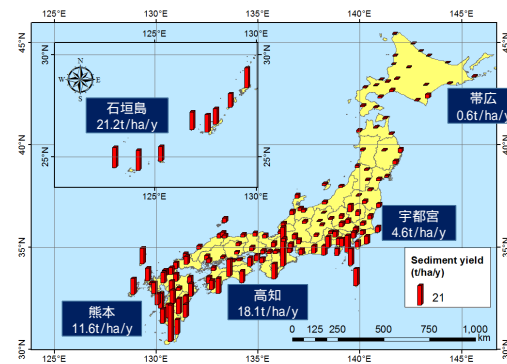


図 3 日本の年平均土壌侵食量

(2) WEPP による侵食解析に用いる日本国内の土壌特性の検討

日本各地の土壌を対象にインターリル受食係数 K_{ib} , リル受食係数 K_{rb} , 限界掃流力 τ_{cb} を室内実験によって同定した。供試土壌は, 群馬県の黒ボク土, 栃木県の黒ボク土, 福島県の黒ボク土, 褐色森林土, 灰色低地土, 沖縄県の国頭マージ, 島尻マージ, ジャーガルである。受食係数の測定は小島ら²⁾が行った室内試験に準拠する。

本研究で実測及び収集した各土壌の受食係数を表 1 に示す。3 種の黒ボク土の値を比較すると, K_{ib} の値が最大で約 5 倍, K_{rb} の値が最大で約 3 倍の差があることが分かる。一方, τ_c の値は同等であった。このように, 黒ボク土でも受食係数は大きく異なっている。この理由として, 粒度組成等の土性の差異による影響が考えられる。受食係数と土性間の相関関係を t 検定で検定したところ, p 値が 0.05 を下回っているのは限界掃流力(τ_{cb})と砂の関係(負の相関)及び限界

表 1 各土壌の受食係数

土壌 (採取場所)	K_{ib} ($\text{kg m}^{-4}\cdot\text{s}$)	K_{rb} ($\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$)	τ_{cb} (Pa)
黒ボク土 (群馬県嬬恋)	0.62×10^6 ($R^2 = 0.91$)	0.46×10^{-2} ($R^2 = 0.76$)	0.19 ($R^2 = 0.76$)
黒ボク土 (栃木県宇都宮)	3.59×10^6 ($R^2 = 0.98$)	0.62×10^{-2} ($R^2 = 0.93$)	0.15 ($R^2 = 0.93$)
黒ボク土 (福島県飯館)	0.73×10^6 ($R^2 = 0.82$)	0.24×10^{-2} ($R^2 = 0.54$)	0.14 ($R^2 = 0.85$)
褐色森林土 (福島県飯館)	0.69×10^6 ($R^2 = 0.78$)	1.22×10^{-2} ($R^2 = 0.66$)	0.15 ($R^2 = 0.66$)
灰色低地土 (福島県飯館)	0.48×10^6 ($R^2 = 0.27$)	0.15×10^{-2} ($R^2 = 0.57$)	0.20 ($R^2 = 0.57$)
国頭マージ (沖縄県東)	1.22×10^6 ($R^2 = 0.69$)	0.49×10^{-2} ($R^2 = 0.74$)	1.02 ($R^2 = 0.74$)
ジャーガル (沖縄県八重瀬)	1.12×10^6 ($R^2 = 0.67$)	0.03×10^{-2} ($R^2 = 0.42$)	1.75 ($R^2 = 0.42$)
島尻マージ (沖縄県八重瀬)	0.59×10^6 ($R^2 = 0.81$)	0.13×10^{-2} ($R^2 = 0.59$)	1.45 ($R^2 = 0.59$)
島尻マージ (沖縄県石垣)	0.65×10^6 ($R^2 = 0.88$)	0.05×10^{-2} ($R^2 = 0.33$)	0.24 ($R^2 = 0.33$)

掃流力と粘土の関係(正の相関)の2つであった(図4)。また、 t 検定では有意な相関が得られなかったが、インターリル受食係数(K_{ib})は、シルトや粘土の割合と正の相関、リル受食係数(K_{rb})は、粘土の割合と負の相関が見られた。インターリル侵食(K_{ib})に関しては、雨滴による土粒子の剥離が微細な粒子で顕著であったこと、リル侵食(K_{rb} , τ_{cb})に関しては、粘土の割合が大きくなるにつれて粘着性が增大し、流水による土粒子の剥離が生じにくくなったことが考えられる。

(3) 沖縄県における赤土流出の解析を目的としたWEPPモデルの適用性の向上

【土壌入力条件の比較】受食係数に試験値を用いて計算した侵食量は、推定値のそれより実測値と高い整合性をもつことが示された(図5)。したがって、受食係数には推定値ではなく試験値を用いた方が、高精度の解析結果が得られると言える。また、リル受食係数 K_{rb} は、他の2つの受食係数より侵食量の計算値に与える感度が高いことが分かった。さらに、粘土やシルトなどの微細粒子の成分を多く有する土壌ほど、侵食量が増大する傾向にあった(図6)。

【侵食抑制対策の検討】解析結果を図7に示す。粒度組成が比較的近い国頭マージと島尻マージ(本島)の結果から、受食係数の違いは侵食量に大きく影響を与えるものの、対策効果は同程度であることが示された。また、それらと比較して粒度組成が上記の2土壌とは異なるジャーガルと島尻マージ(石垣島)は“営農サイクルの変更”の抑制効果が大きく、“葉がらマルチ”による抑制効果が小さい。このことから、土壌の粒度組成によって最適な対策が異なることが示唆される。国内の基準³⁾では、農地の生産性維持において許容される土壌侵食量を $10 \sim 15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ としているが、圃場整備と営農管理対策を組み合わせることで、全ての土壌で侵食量を $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$ 以下に抑えることができると予測された。本節の結果から、WEPPは、USLEなどの経験的予測モデルでは難しい、営農対策を組み合わせた侵食抑制効果の評価が可能であることが示された。

< 引用文献 >

- 1) 池田駿介, 菅和利, 環境保全・再生のための土砂栄養塩動態の制御, 近代科学社, 2014
- 2) 小島壘, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価および WEPP による侵食解析, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 74, No.5, 2018, I_233-I_239
- 3) 農林水産省構造改善局計画部, 土地改良事業計画指針, 農地開発(改良山成畑工), 1992

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計9件)

1. Kazutoshi Osawa, Yui Nonaka, Taku Nishimura, Keitaro Tanoi, Hiroyuki Matsui, Masaru Mizoguchi, Takahiro Tatsuno, Quantification of dissolved and particulate radiocesium fluxes in two rivers draining the main radioactive pollution plume in Fukushima, Japan (2013-2016), Anthropocene, 査読有, Vol.22, 2018, 40-50
<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2018.04.003>
2. Kazuhiro Naruo, Watemua. A. Cássimo, Junji Koide, Kazutoshi Osawa, Akira Goto, Evaluation of agricultural soil erosion control measures in the Nacala Corridor Area, Mozambique, Journal of Arid Land Studies, 査読有, Vol.28, No.2, 2018, 45-58

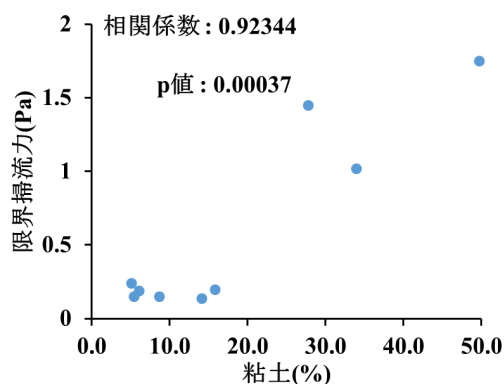


図4 限界掃流力と粘土含有率の関係

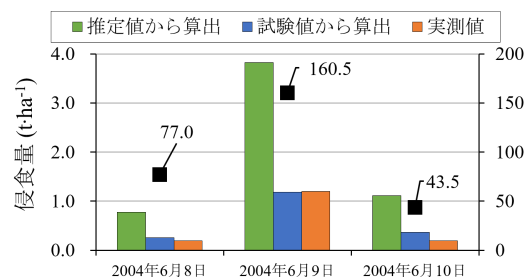


図5 受食係数の決定方法毎の侵食量解析結果

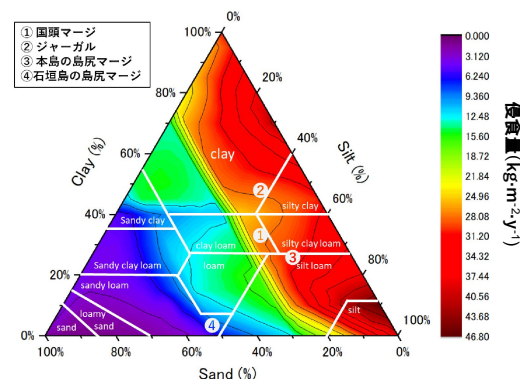


図6 粒径組成の差異による侵食量の応答 (裸地条件)

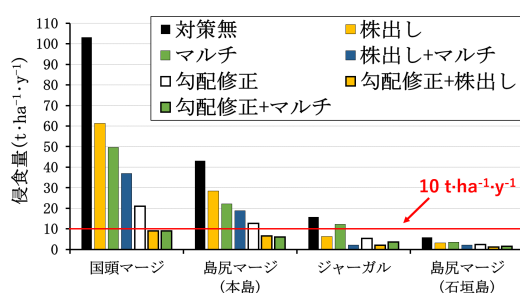


図7 侵食抑制対策毎の侵食量の比較

- https://doi.org/10.14976/jals.28.2_45
3. Nam, N.D.G., Akira, G. and Kazutoshi, O., Land subsidence modeling in the Mekong Delta: A case study in Soc Trang and Can Tho city, Can Tho University Journal of Science. 査読有, Vol.54, No.5, 2018, 45-51
<https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2018.023>
 4. 小島壘, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価および WEPP による侵食解析, 土木学会論文集 G (環境), 査読有, Vol. 74, No.5, 2018, I_233-I_239
https://doi.org/10.2208/jscejer.74.I_233
 5. 木村匡臣, 藤勝雄, 飯田晶子, 乃田啓吾, 大澤和敏, 小島嶼開発途上国での SDGs 達成に向けた農業農村工学的課題, 農業農村工学会誌(水土の知), 査読有, 86 巻, 10 号, 2018, 889-892
 6. 須永吉昭, 松井宏之, 大澤和敏, 水田排水に含まれる懸濁物質の粒度分布の経時変化に関する考察, 農業農村工学会論文集, 査読有, 85 巻, 2 号, 2017, II_113-II_119
https://doi.org/10.11408/jsidre.85.II_113
 7. 鈴木純, 大澤和敏, 松岡延浩, 関東甲信地方の風食の特徴とその抑制対策, 農業農村工学会誌(水土の知), 査読有, 85 巻, 7 号, 2017, 17-22
 8. Nam Nguyen Dinh Giang, Akira Goto, Kazutoshi Osawa, Groundwater Modeling for Groundwater Management in the Coastal Area of Mekong Delta, Vietnam, IDRE Journal, 査読有, Vol.85, No.1, 2017, I_93-I_103
https://doi.org/10.11408/jsidre.85.I_93
 9. 乃田啓吾, 飯田晶子, 渡部哲史, 大澤和敏, 沖一雄, パラオ共和国バベルダブ島における土地資源利用効率の検討, 応用水文, 査読有, 28 巻, 2016, 31-40

〔学会発表〕(計 28 件)

1. 大澤和敏, 佐藤生香, 原田勝利, 鈴木雄太, 松井宏之, 那須野ヶ原における気象要素の変動とそれに伴う水資源量の解析, 第 69 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2018
2. 町田元, 大澤和敏, 松井宏之, 沖縄県における赤土流出の解析を目的とした WEPP モデルの受食係数の感度評価, 第 69 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2018
3. 屋代周一, 大澤和敏, 松井宏之, 鈴木純, 松岡延浩, 関東甲信地方を対象とした風食モデル WEPS による解析, 第 69 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2018
4. 山田創太, 泉聡一郎, 松井宏之, 大澤和敏: 水田耕区における簡易落水工の洪水流出抑制機能, 第 69 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2018
5. 小島壘, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価および WEPP による侵食解析, 第 26 回地球環境シンポジウム, 2018
6. 小島壘, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 沖縄地方の土壌を対象とした藻菌類の被覆による侵食抑制対策の評価, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 2018
7. 斉藤真利, 大澤和敏, 西村拓, 松井宏之: 福島県飯館村における土壌侵食に伴う放射性セシウムの流出動態評価, 平成 30 年度農業農村工学会大会講演会, 2018
8. Kazutoshi Osawa, Taku Nishimura, Masaru Mizoguchi, Radiocesium transport processes and their temporal variation in Fukushima, Japan, JpGU 2018, 2018
9. Mari Saito, Kazutoshi Osawa, Taku Nishimura, Variation of ¹³⁷Cs dynamics from 2013 to 2017 and its analysis with GeoWEPP in Fukushima, Japan, JpGU 2018, 2018
10. Eisei Morioka, Yasushi Mori, Kazutoshi Osawa, Akira Hoshikawa, Linear-Macropore Installation for Reducing Red-soil Erosion at Sugarcane Field -Column experiment toward field application-, JpGU 2018, 2018
11. 松浦麻希, 小島壘, 大澤和敏, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 沖縄地方の土壌を対象とした藻菌類の被覆による侵食抑制対策試験と解析, 第 68 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2017
12. 斉藤真利, 大澤和敏, 西村拓, 松井宏之, 福島県飯館村の 2 河川における放射性セシウムと懸濁物質の関係の変化, 第 68 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2017
13. 佐藤生香, 大澤和敏, 中里良一, 原田勝利, 松井宏之, 那須野ヶ原における気象要素の変動とそれに伴う水資源量の解析, 第 68 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2017
14. 大澤和敏, 野中優衣, 西村拓, 溝口勝, 松井宏之, 福島県飯館村の 2 河川における放射性セシウム流出の形態と経年変化, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会, 2017
15. 小島壘, 大澤和敏, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之, 藻菌類の土壌被覆による土壌侵食抑制対策の評価, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会, 2017
16. 雨澤毅明, 松井宏之, 杉崎芽依, 大澤和敏, 熱対流が湛水土壌の硝酸態窒素除去速度に及ぼす影響, 平成 29 年度農業農村工学会大会講演会, 2017
17. Kazutoshi Osawa, Taku Nishimura, Masaru Mizoguchi, Radiocesium runoff forms and its temporal variation at two rivers in Iitate, Fukushima, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017
18. Kanako Oka, Yasushi Mori, Kazutoshi Osawa, Akira Hoshikawa, Effect of Linear Macropore Installation in Subtropical Soil to Reduce Surface Flow at Sugarcane Field, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, 2017

19. 大澤和敏, WEPP モデルを用いた土壌侵食と流域土砂動態の解析—沖縄赤土流出を対象として—, 農業農村工学会農地保全研究部会第 37 回研究集会 (招待講演), 2016
20. 大澤和敏, 圃場から流域をつなげる水・土砂・栄養塩動態のモニタリングとモデリング, 日本農薬学会第 34 回農薬環境科学研究会シンポジウム (招待講演), 2016
21. 小島壘, 大澤和敏, 溝切りと溝への有機物挿入による雨水の浸入促進が土壌侵食に及ぼす影響, 第 67 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2016
22. 小河日登美, 大澤和敏, 沖縄八重山地方における土地利用形態の異なる 3 流域での土砂・栄養塩流出, 第 67 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2016
23. 野中優衣, 大澤和敏, 福島県飯館村の河川における放射性セシウムの流出, 第 67 回農業農村工学会関東支部大会講演会, 2016
24. 大澤和敏, 中島祥子, 松井宏之, 日本で WEPP モデルを適用するための気象入力データ自動作成プログラムの構築と活用, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016
25. 杉崎芽依, 大澤和敏, 松井宏之, 田面水の流速が硝酸態窒素除去機能に与える影響, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016
26. 須永吉昭, 大澤和敏, 松井宏之, 水田用排水に含まれる懸濁物質の粒度分布の経時変化, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016
27. 野村美喜, 須永吉昭, 大澤和敏, 松井宏之, 水田法面からの懸濁物質の流出に関する基礎的研究, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016
28. 乃田啓吾, 飯田晶子, 渡部哲史, 大澤和敏, 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 -, 平成 28 年度農業農村工学会大会講演会, 2016

〔図書〕(計 3 件)

1. Kazutoshi O. and others, Springer, Water and Power, 2018, 362
2. 大澤和敏 他, 文永堂出版, 農地環境工学 第 2 版, 2016, 312
3. K. Osawa and others, Purdue University Press, Proceedings of the 10th International Symposium on Agricultural and the Environment, 2016, 230

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名: Chi-Hua Huang

ローマ字氏名: Chi-Hua Huang

研究協力者氏名: Dennis C. Flanagan

ローマ字氏名: Dennis C. Flanagan

研究協力者氏名: 後藤慎吉

ローマ字氏名: Shinkichi Goto

研究協力者氏名: 干川明

ローマ字氏名: Akira Hoshikawa

研究協力者氏名: 池原吉克

ローマ字氏名: Yoshikatsu Ikehara

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。