

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23780244

研究課題名（和文）農地における炭素動態に基づいた土壌劣化評価および流域物質動態解析

研究課題名（英文）Study of soil degradation and watershed management with sediment and organic carbon dynamics

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

研究成果の概要（和文）：本研究では、過剰な土壌流出によってサンゴ等の生態系への影響が深刻な沖縄地方を対象とし、土壌侵食に伴って生じる有機炭素流出に着目し、土砂・炭素の動態を現地観測および解析によって評価した。農地における現地観測の結果、土壌の炭素貯留機能は土地利用や農地の管理方法によって顕著に異なることが分かった。河川における観測を実施した結果、土砂流出に伴い有機炭素流出が顕著であった。流域スケールにおけるモデルを用いた解析の結果、不耕起栽培やマルチング等の営農的対策が流出量削減のために有用であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：Excess soil and nutrients yields transport toward the coastal zones and deposition on corals are one of the major environmental problems in Okinawa, Japan, in which agricultural area is the major source of sediment yield. In this study, runoff of sediment, organic carbon are observed in several agricultural field and Todoroki River watershed in Yaeyama region. Storage capacity for soil organic carbon varied with landuse and management distinctly. Organic carbon runoff at Todoroki River watershed was related with sediment runoff. Simulated sediment and organic carbon runoff using the WEPP model was clarified the positive effect of no-tillage farming and adding residue mulch.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：流域物質循環学，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：物質循環，土壌侵食，土壌炭素隔離，自然共生型流域圏

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に関する関心が高まっている。この典型的な例として、沖縄復帰後の開発に伴う赤土問題が挙げられる。沖縄では、微細土砂、栄養塩の流出が海域における富栄養化の主要因となり、サンゴ礁生態系をはじめとした沖縄地方独自の自然形態を破壊する要因として問題視されている。特

に、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・有機物の流出が顕著になった。その結果、土壌における炭素隔離（貯留）機能を著しく低下させ、それが侵食をよりいっそう増大させている要因となっている。

現在でも農地は経常的な負荷物質の発生源であり、近い将来規制対象にする方針にある。規制の方法としては、植生帯、不耕起栽培

培, マルチングなど何らかの負荷物質流出防止対策を講じることを義務付けることが検討されている。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・有機物(炭素)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予測する必要がある。

一方, これまで多くの研究によって森林域における炭素吸収が着目されてきたが, 農地における作物および土壌の炭素動態に関する知見は比較的少ないのが現状である。特に, 土壌侵食に伴う土壌中の有機物の減少といった農地保全学的な観点から炭素動態をとらえた研究事例は非常に少ないのが現状である。さらに, これまでの土壌の地力評価において, 土壌中の有機物含有量と土壌流亡量は異なる評価基準で取り扱われてきたが, それらの関係性を炭素動態を用いて統合的に評価するための研究が, 持続的な農業活動および健全な流域物質循環を創出するためには必要不可欠である。特に, 物質循環の時間・空間スケールが小さい亜熱帯島嶼地域では, 農地が流域環境へ与えるインパクトが相対的に大きくなるため, 早急な対応が求められる。

農地土壌における炭素循環では, 作物残渣や堆肥等の有機物が土壌中に蓄積され, 土壌微生物に分解されつつ大気へ放出される。それと同時に降雨に伴う土壌流亡や浸透によって農地外へ流出する。近代的な機械化された農業を実施している畑地における炭素収支は, 土壌侵食による炭素流亡量が増大するため作土層の有機物貯留量が著しく減少することが報告されており, その流出を軽減させる方法を策定する必要がある。例えば, 不耕起(または減耕起)栽培の実施が考えられる。不耕起栽培は, 土壌侵食を顕著に軽減する効果があることが筆者らの研究成果によって示されていることから, 有機炭素流亡も大幅に削減され, 作土層の有機物貯留量が増大することが予想される。その結果, 水系環境への負荷の軽減とともにカーボンシンクとしての機能も増大し, 将来的には新たなクレジット獲得が期待ができる。

2. 研究の目的

本研究課題では, 過剰な土壌流亡によってサンゴ等の生態系劣化が深刻な問題となっている亜熱帯島嶼地域を対象として, 土壌侵食に伴う有機炭素流亡に着目した土砂・炭素動態を現地観測, モデル化, そして数値シミュレーションによって定量的に評価することを目的とする。具体的には, (a)土壌有機炭素の流亡・放出と土壌有機炭素含有量の関係の評価, (b)流域における炭素収支の算定, (c)圃場スケールおよび流域スケールの土砂・炭素動態モデルの開発, (d)流域における積極

的・合理的な炭素隔離のための営農シナリオ解析, という4つの具体的な目標を掲げ以下の研究を遂行する。

3. 研究の方法

(a): 対象地を沖縄県石垣島に設定し, 実際に営農活動がなされている畑地を複数の区画に区切り, 土壌侵食に伴う有機炭素流亡の比較試験を行い, 土地利用や農地の管理方法の違いに伴う炭素動態の違いを比較する。それと同時に各区画における土壌中の有機炭素含有量および土壌呼吸量を測定し, それらと土壌侵食に伴う有機炭素流亡量の関係を定式化し, 新たな土壌劣化評価法として提案する。さらに, 作物の収量, 作物残渣・施肥による炭素投入量を実測または各種資料等より把握し, 圃場スケールにおける炭素収支として整理する。これらの結果より, 土地利用別, 営農方法別の土砂・炭素動態の違いを定量的かつ系統的に評価することができる。

(b): 対象流域を沖縄県石垣島轟川流域とする。本流域における炭素流出量を現地観測によって把握し, 流域スケールでとらえた場合の炭素動態に関する問題点の抽出や適切な対策項目や対策場所などの評価を行う。

(c): 目標(a), (b)で得られた結果を基礎データとして, 土壌侵食に伴う有機炭素流亡を組み込んだ土砂・炭素動態モデルの構築を行う。有機炭素流亡に関するモデルは, 筆者がモデルの適用および改良を実施している侵食・土砂流出モデルである WEPP (Water Erosion Prediction Project) を援用する。

(d): 目標(a)の圃場試験で得られた土地利用別, 営農方法別の炭素動態の違いをもとに, 土壌中の炭素貯留量の程度により数段階のシナリオを作成し, それらを目録(c)で得られたモデルに組み込み, 数値シミュレーションによって農地および流域における土砂・炭素動態を評価し, 合理的な低炭素放出型の農地および流域管理を提案する。

4. 研究成果

【SS 濃度と TOC 濃度の関係】降雨時に取得された採水試料より, SS 濃度-TOC 濃度関係式を作成した(Fig. 1)。SS 濃度と TOC 濃度はほぼ線形関係にあった。また, 株出し栽培区は夏植え栽培区に比べ低濃度であった。株出し栽培では土壌のかく乱が無かったことや残

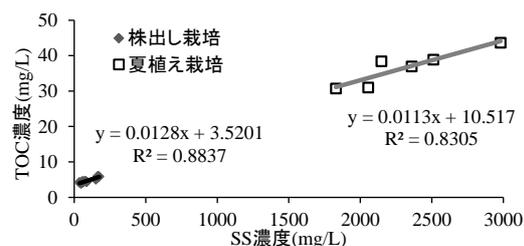


Fig.1 SS 濃度と TOC 濃度の関係

渣で土壤が被覆されている状態にあったことによると考えられる。

【降雨時における SS 流出量及び TOC 流出量】降雨イベントにおける流出高, SS 流出量, TOC 流出量の時系列を Fig. 2, SS, TOC の総流出量を Fig. 3 に示した. 流出高は株出し栽培区, 夏植え栽培区ともに大きな違いは見られなかったが, SS 流出量及び TOC 流出量は, 株出し栽培区の方が小さかった. 総流出量においても, 株出し栽培区は夏植え栽培に比べ, SS で約 1/10, TOC で約 1/5 と流出抑制効果が高かった.

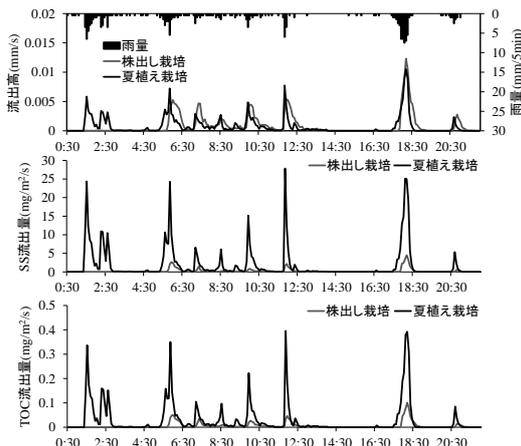


Fig.2 流出高, SS 流出量, TOC 流出量

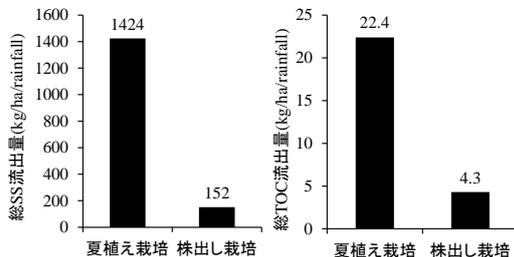


Fig.3 総 SS 及び総 TOC 流出量

【土壤呼吸量の比較】地温と土壤呼吸量の関係を Fig. 4 に示した. 体積含水率は両試験区とも 23%であった. 夏植え栽培区では土壤呼吸量が大きい傾向にあった. これは, 苗の移植に伴う耕起により, 土壤の通気性が向上したことによると考えられる.

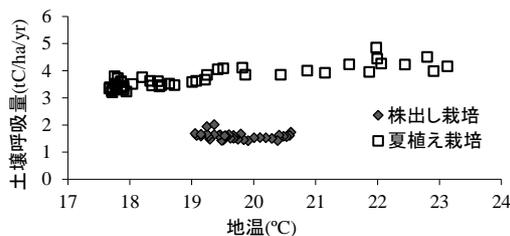


Fig.4 地温と土壤呼吸量の関係

【有機炭素含有率】表層土壤の有機炭素含有率を Fig. 5 に示した. 株出し栽培区の方が含有率が高く, 夏植え栽培区では含有率が徐々に減少する傾向にあった. これは, 夏植え栽培は株出し栽培に比べ, 侵食に伴う有機炭素流出及び土壤呼吸量が顕著であったことによると考えられる.

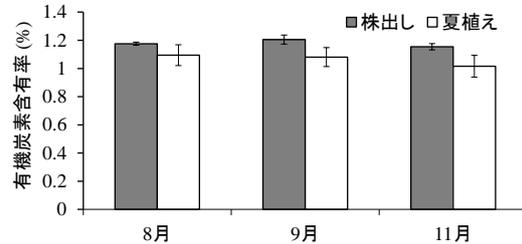


Fig.5 土壤有機炭素含有率

【流域における SS, TOC 流出量】観測期間での単位面積当たりの SS, TOC 流出量を Fig. 6 に示した. 全期間の流出量に対して降雨時には SS で 84%, TOC で 41%の流出があった. 適切な農地・流域管理を行い, 侵食に伴う土砂・有機炭素流出量を抑えることで, 富栄養化による水域生態系へ影響を低減させ, 農地土壤の有機炭素貯留効果が期待できる.

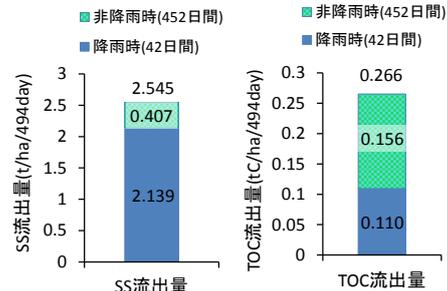


Fig.6 流域における SS, TOC 流出量

【WEPP モデルによる SS, TOC 流出解析】WEPP モデルを用い, 現況および流域内におけるサトウキビ夏植え栽培を株出し栽培に, パインアップル栽培を減耕起かつマルチングを実施する営農方法に変更した場合を想定し, SS, POC 流出量を算出した. 解析結果を Fig. 7 に示す. SS 流出量, POC 流出量は現況よりそれぞれ 62%, 63%減少することが予想された.

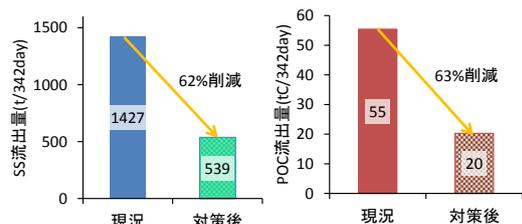


Fig.7 WEPP モデルによる解析結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

- (1) 工藤将志, 大澤和敏, 菅 和利, 佐藤航太郎, 池田駿介: パラオ共和国ガリキル川流域での土地開発に伴う土砂流出の現地観測および解析, 土木学会論文集 B1(水工学), 査読有, 69, 4, I_937-I_942, 2013.
- (2) 松井宏之, 大澤和敏: 地表面温度推定値を用いた関東地方における有効長波放射量推定式の比較, 応用水文, 査読有, 25, 15-24, 2013.
- (3) Ippei Iiyama, Kazutoshi Osawa, Tatsuya Nagai: A seasonal behavior of surface soil moisture condition in a reclaimed tropical peatland, Soil Science and Plant Nutrition, 査読有, vol. 58, 543-552, 2012.
DOI: 10.1080/00380768.2012.723222
- (4) 酒井一人, 仲村渠 将, 吉永安俊, 長野敏英, 大澤和敏, 石田朋靖: 冬季の沖縄県北部亜熱帯広葉樹林地域における CO2 フラックスの地点および観測日による変動実態, 土壌の物理性, 査読有, 122, 23-31, 2012.
- (5) 大澤和敏, 池田 廉, 松井宏之, 小沢聖: 土壌侵食に伴う有機炭素および栄養塩の流出に関する現地観測, 応用水文, 査読有, 24, 31-40, 2012.
- (6) Kazuo Oki, Masaru Mizoguchi, Kosuke Noborio, Koshi Yoshida, Kazutoshi Osawa, Shoichi Mitsuishi, and Tetsu Ito: Accuracy comparison of cabbage coverage estimated from remotely sensed imagery using an unmixing method, Computers and Electronics in Agriculture, 査読有, 79, 30-35, 2011.
DOI: 10.1016/j.compag.2011.08.001

[学会発表] (計 6 件)

- (1) 工藤将志, パラオ共和国ガリキル川流域での土地開発に伴う土砂流出の現地観測および解析, 第 57 回水工学講演会, 2013 年 3 月 5 日, 名城大学.
- (2) 大澤和敏, 水田における冬期湛水と有機資材投入が温室効果ガス放出へ与える影響, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012 年 9 月 19 日, 北海道大学.
- (3) 木村 賢, サトウキビの栽培方法の違いによる土砂・土壌炭素動態の比較, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012 年 9 月 19 日, 北海道大学.
- (4) 工藤将志, パラオ共和国における土地開発が土砂流出に与える影響, 平成 24 年

度農業農村工学会大会講演会, 2012 年 9 月 19 日, 北海道大学.

- (5) 木村 賢, 八重山地方における土地利用形態が異なる 3 流域での土砂流出特性, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011 年 9 月 6 日, 九州大学.
- (6) 池田 廉, 農地における有機資材投入に伴う土壌有機炭素貯留, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011 年 9 月 6 日, 九州大学.

6. 研究組織

(1) 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