

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008 ～ 2009
 課題番号：20780170
 研究課題名 (和文)
 水田からの浮遊土砂流出およびそのモデリングに関する研究
 研究課題名 (英文)
 Sediment runoff from paddy fields and its modeling
 研究代表者
 松井 宏之 (MATSUI Hiroyuki)
 宇都宮大学農学部・准教授
 研究者番号：30292577

研究成果の概要 (和文)：本研究は石垣島および宇都宮の水田群を対象として、土砂の収支を観測するとともに、その収支のモデリングに取り組んだ。その結果、次のことを明らかにした。(1)水田では、代かき時期のみならず、灌漑期間を通して土壌流亡が生じている。(2)水田が持つとされる土壌保全機能は、浮遊土砂を含んだ濁水の流入が前提となることを示唆した。(3)水田からの浮遊土砂流出のモデリングでは、連続値が得られる負荷-流量式 (L-Q 式) ではなく、降雨イベント毎の総負荷量-総流量式 ($\Sigma L - \Sigma Q$ 式) が適している。

研究成果の概要 (英文)：I observed the suspended sediment budget of paddy fields on Utsunomiya and Ishigaki Island and attempted to estimate the amount of the suspended sediment runoff from paddy fields. The following facts were noted. (1) Suspended sediment runoff occurs during the irrigation period, not at the paddling and transplanting period. (2) The suspended sediment inflow to paddy fields was required for the soil conservation on paddy fields. (3) The $\Sigma L - \Sigma Q$ equation is more suitable than the L-Q equation to estimate the suspended sediment runoff from paddy fields.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：農学

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：水田，浮遊土砂，土砂収支，土壌保全機能，流砂系

1. 研究開始当初の背景

水田では、湛水栽培が行われているため雨滴侵食が生じないこと、および土壌面が平坦であることから、水田は土壌侵食防止機能をもつと考えられてきた。その上、水田内で

は灌漑水中の懸濁物質が沈降除去されることから、積極的な土壌侵食防止機能、いわば沈砂池的機能を期している既往の研究事例は少なくない。しかしながら、水田での土砂の流入、流出を連続的に観測し、その収支を

示した上で、土壌侵食防止機能を定量的に評価した研究事例はあまり多くない。

このように水田でのSSの収支については、土壌侵食防止機能が期待されつつも、一方で流出源となっていることが指摘されており、観測にもとづく知見の蓄積が求められている。

2. 研究の目的

研究代表者は、先行して行った石垣島平得地区の水田での観測結果から、降雨出水時に水田が浮遊土砂のソースになっている可能性が高いという結果を得ている。そこで、本研究ではその結果の普遍性について検証するため、石垣島の名蔵地区および宇都宮の水田群を対象地区として観測を行うことで、対象水田の特殊性を排し、普遍性を有した結果を提示することを目的とした。

また、土砂収支の観測に留まらず、土壌流出対策を検討するため、水田内での浮遊土砂の動態把握および浮遊土砂流出のモデリングについて検討することも目的とした。

3. 研究の方法

(1)水田への流入土砂量および水田からの流出土砂量は、水口部、水尻部での流量に浮遊土砂濃度を乗じることで求める。流量および浮遊土砂濃度を連続的に観測することにより、水田における土砂収支の定量化を行う。流量は堰や別途定める水位-流量曲線を用いて自記水位計で観測された水位を換算して求め、同様に浮遊土砂濃度も別途定める濁度-浮遊土砂濃度の関係式を用いて自記濁度計で観測された濁度から換算して求める。

石垣島(図1)では二期作を行っている水田が多いことから、現地調査は、一作に3回程度で、年6~7回行った。宇都宮の水田(図2)については、灌漑期に限らず、非灌漑期においても降雨出水が発生する際に随時観測を行った。



図1 石垣島の対象水田群



図2 宇都宮の対象水田群

(2) 顕著な土壌流出が確認される代かき期の水田(石垣島)において、水田内での浮遊土砂の動態を観察するとともに、水田を模した水槽(図3)を用いて、送風機により風を発生させ、風が水田からの浮遊土砂流出に及ぼす影響について観測した。

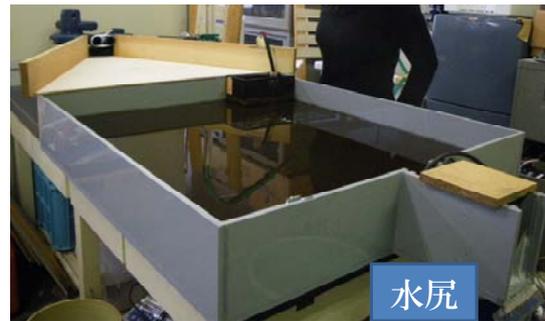


図3 実験水槽

(3)先行して行った研究により、水田から流出する浮遊土砂は水田に流入した浮遊土砂が沈殿せずに通過したものではなく、水田内で新たに生産されたものであることがわかっている。そこで、両地区で観測された水田からの流出負荷量を対象として、負荷量 L と降水量 R 、負荷量 L と流量 Q の関係式の適用可能性について検討した。

4. 研究成果

(1)2009年の宇都宮、石垣島での観測結果をそれぞれ図4、図5に示す。なお、石垣島の流入土砂量については、晴天時にはほぼ 0 mg/L であり、雨天時においても最大で数 mg/L であったことから、流入土砂がないものとして扱った。宇都宮では4月末、二期作が行われる石垣島では1・2月と7月下旬・8月上旬に荒代かき・代かきおよび田植えが行われる。このことを反映して代かき・田植期に両地区とも流出土砂量が顕著になっていることがわかる。灌漑期を通じた宇都宮

での差し引き浮遊土砂負荷量は(流出土砂量 1,758 kg/ha - 流入土砂量 984 kg/ha) = 774 kg/ha となり、排出傾向にあった。一方、年間を通じた石垣島での差し引き浮遊土砂負荷量(流出土砂量と同値)は 4,470 kg/ha となり、宇都宮と同様に排出傾向にあることがわかった。

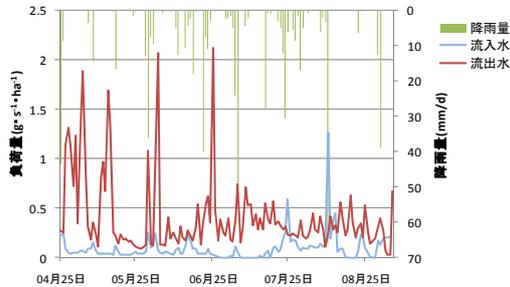


図4 宇都宮での観測結果(2009年)

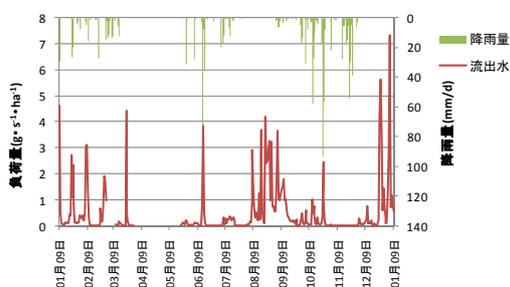


図5 石垣島での観測結果(2009年)

(2)2008年の宇都宮での降雨イベント毎の観測結果を図6に示す。8/5のイベントでは990 kg/haもの膨大な流入土砂量が観測された。これは前日に上流部において時間雨量50 mmを超える雨ががあったため、河川水中の浮遊土砂濃度が上昇したためである。2008年には灌漑期間を通じた観測はできなかったものの、この1回のイベントで浮遊土砂収支はほぼ均衡する結果となっている。このことから、水管理が粗放化している現在において、水田の土壤保全機能は浮遊土砂を多く含む灌漑水の流入を前提としていることが示唆された。このことから、流入土砂が見込みにくい石垣島の水田では積極的な土壤保全対策が求められる。

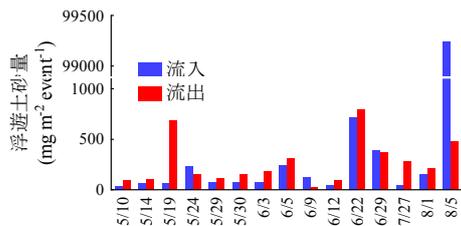


図6 降雨イベント毎の観測結果(宇都宮 2008年)

(3)2008年における宇都宮と石垣島の降雨出水時の流出水量と浮遊土砂流出量の関係を図7に示す。代かき期以外の石垣島と宇都宮を比較すると、流出水量0.0005 mm/s超で宇都宮と石垣島の観測値が乖離していることがわかる。このことから、水田土壌の受食性が異なっていることが示唆された。そこで、両地区の水田土壌の粒径分布を測定したものの、粒径分布に大きな差は確認されなかった。今後はこうした差が生じた原因について検討していく必要がある。

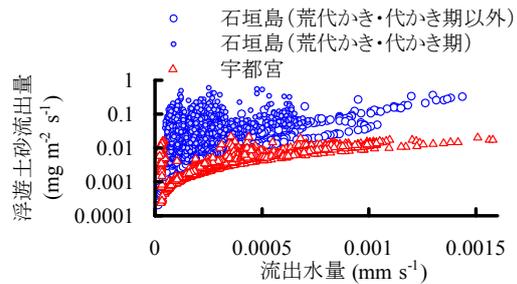


図7 降雨イベントにおける流出水量と浮遊土砂流出量の関係

(4)室内実験による風の影響については、風の有無、風量の大小、風向、湛水深の大小で実験条件を設定し、図3に示す実験水槽で実験を行った。その結果、後述する(6)実圃場と同様の現象を再現するには至らなかったものの、水田内の水の流向と風向が同方向であるケースでは浮遊土砂流出量が増大する傾向が確認された。

(5)荒代かき期の石垣島の水田において田面水の浮遊土砂濃度分布と風向との関係を調べたところ、田面水の流向と風向が同方向である時には風下側の田面水中の浮遊土砂濃度が上昇する傾向がみられた。このことから、水尻付近で浮遊土砂濃度が高い場合には流出負荷量も増大する傾向があることから、水管理上留意する必要があることがわかった。

(6)荒代かき期の石垣島の水田において田面水および浮遊土砂の挙動を観察したところ、次の現象が確認された。風が吹くと、表層では吹送流が生じるものの、底層では風向とは反対向きの補償流が生じ、その補償流によって土粒子が巻き上げられていた。この観察結果から、風が浮遊土砂の巻き上げの一員となっていることが明らかとなった。また、補償流の発生にはある程度の水深が必要であることから、補償流を生じさせない湛水深を探り、そうした管理を行うことで荒代かき期の流出土砂量を軽減できる可能性があることがわかった。

(7)宇都宮、石垣島の観測結果に対して、観測

期間を通じたL-Q式、イベント毎に係数を同定するL-Q式、イベント毎の総量を算出する ΣL - ΣQ 式、 ΣL - ΣR 式の適用性を検討した。その結果、イベント毎のL-Q式ではイベント毎の係数の差違が激しく長期への適用は難しいことがわかった。また、観測期間を通じたL-Q式についても、降雨イベント中の負荷量の変動に対応できておらず、適用が難しいことがわかった。

降雨イベント毎の ΣL (負荷量) - ΣQ (流出量) 式、 ΣL - ΣR (降雨量) 式の適用結果を図8、図9に示す。 ΣL - ΣQ 式、 ΣL - ΣR 式の相関係数は0.65、0.62、同じくRMSEは $6.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{event}^{-1}$ 、 $11.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{event}^{-1}$ となった。いずれの図ともに、グラフ上部に外れた点があるものの、一定の関係性を確認することができる。相関係数、RMSEの値に加えて、水田が有する水貯留機能を勘案すると、降雨出水時の水田からの浮遊土砂流出負荷量の予測には ΣL - ΣQ 式が適していることがわかった。なお、無降雨時については、営農作業の影響が確認できることから、今後そうした点を考慮に入れていく必要がある。

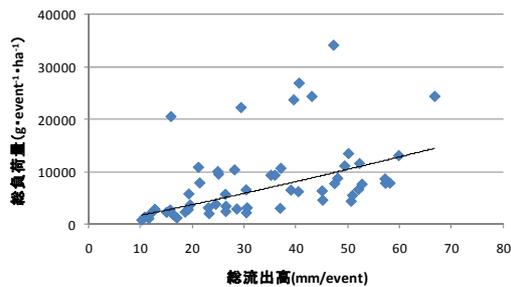


図8 ΣL - ΣQ 式 (宇都宮 2009年)

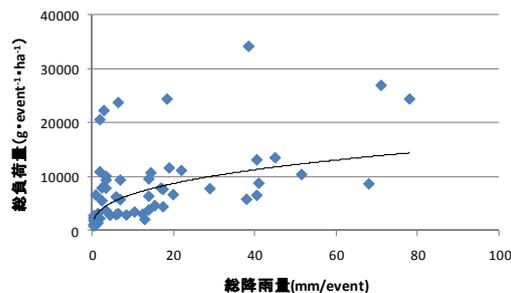


図9 ΣL - ΣR 式 (宇都宮 2009年)

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0件)

[学会発表] (計1件)

松井宏之・八巻礼訓・普久原朝史：石垣島・宇都宮の水田における浮遊土砂収支の比較，農業農村工学会全国大会，2009.8

[図書] (計0件)

[産業財産権] (計0件)

[その他] 特記事項なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

松井 宏之 (MATSUI Hiroyuki)

宇都宮大学・農学部・准教授

研究者番号：30292577