

## 流域圏の土砂・栄養塩動態の解明および統合管理技術の開発 — 亜熱帯流域を対象として —

Movement of flow, sediment and nutrients in a watershed and the development of watershed management technique to reduce the impact on environment; targeting subtropical area

池田 駿介 (Syunsuke Ikeda)

東京工業大学・大学院理工学研究科・教授



### 研究の概要

流域圏全体の水・土砂・栄養塩動態を観測と数値シミュレーションにより調べ、指標生物とするサンゴの生育許容限界や負荷削減対策と統合して、開発許容量などを定量的に明らかにする。流域圏全体を視野に入れた統合的研究の結果から、水界生態系の保全・改善に必要な流域一貫土砂・栄養塩管理法が提案できることが期待される。

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：水工水理学，水圏現象，水質汚濁防止・浄化，自然現象観測・予測，環境調和型農林水産

### 1. 研究開始当初の背景・動機

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。沖縄では復帰後の開発、農業の機械化などによって、雨水の流出形態が変化するとともに、赤土と呼ばれる微細土砂が流出して隣接する海岸部に輸送され、そこに生息していた世界的にも貴重なサンゴ生態系に甚大な被害を及ぼしている。このような問題に対処するには、水系・流域一貫した水・土砂・栄養塩類などの物質動態の解明とそれが生態系に及ぼす影響の定量化が必要である。従来は、これらの研究は個々の課題について行われた。このことが問題解決のための科学的根拠を薄弱にし、技術開発を遅らせている。

### 2. 研究の目的

流域圏における水・物質循環を健全に保全・管理するためには、流域から沿岸海域へ供給される水・土砂・栄養塩といった生態系を支える基礎物質を許容限界以下に維持することが重要である。サンゴは基本的に貧栄養海域に生息する生物であり、このような土砂や栄養塩類の影響を鋭敏に受けやすく、指標生物として最も相応しい。このような観点から、本研究では、土砂・栄養塩の生産、河川への流入・輸送、河口域や沿岸海域での堆積を流域圏の動態として統合的に捉え、それに伴うサンゴ礁生態系

へのインパクトを解明し、それらに基づく土砂・栄養塩の適切な総合管理技術の開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究の構成は以下の3項目から成る。  
(a)流域圏の主要点における水・土砂・栄養塩動態の観測およびそれらが及ぼすサンゴ礁生態系への影響評価のデータベース構築  
(b)数値シミュレーションモデルの開発、それを用いた流域圏全体の水・土砂・栄養塩動態の把握と水系一貫水・土砂管理技術の開発  
(c)東南アジアを中心とする亜熱帯・熱帯地方への技術移転の検討

### 4. これまでの成果

(1) 水・土砂・栄養塩動態の観測および数値シミュレーション

石垣島の農地における土壌侵食・栄養塩流出の抑制対策試験に関して、数種類の農地対策における侵食量削減率を定量的に評価し、負荷の発生機構を対策を含めた形で統合的に整理することができた(表-1)。石垣島名蔵川流域における土砂・栄養塩動態の観測および数値シミュレーションに関しては、流域内の数地点における水・土砂・栄養塩の多点同時観測や流域内の3地点における水・土砂・栄養塩の長期連続観測を実施し、出水時における土砂・栄養塩動態の特性を明確にした。それとともに、新たに構築した流域GISや侵食・土砂輸送モデルを用いた数値シミュレーションを行い、

表-1 土壌侵食・栄養塩流出の抑制対策の評価

水田		土壌の流亡は殆ど無いと考えられているが、ある観測結果では代掻き時の降雨時に土壌の流亡が確認されている。
牧草地		侵食は殆ど無い(栽培初期を含めた試験の削減率は88%)。効果的な対策であるが、地下水の窒素汚染の危険性あり。
サトウキビ 新植(春・夏植)栽培		植え付け前、生育初期では被覆率が小さいので侵食は顕著である。生育後期では被覆率が大きいので削減率は90%程度になる。
サトウキビ 無耕起(株出し)栽培		作物の残渣のマルチング効果によって生育初期でも90%以上の削減率となる。収量は春植え栽培と変わらない。新植栽培後のみ栽培可能。
植生帯 (グリーンベルト)		土砂の捕捉効果は殆どない(削減率8%)。畑地と水路の境界部分の法面の侵食防止には適切。
サトウキビ減耕起植付+カバークロープ		削減率は減耕起植付:89%、カバークロープ:45%、それらを組み合わせた場合:72%となり、新植栽培時の対策として有望。しかし、収量は減少し36%の減収。
サトウキビ +カボチャ間作		期間合計で93%の削減率であり、新植栽培時の対策として有望。増収が見込まれるが労力が増大。
沈砂池		適切な規模の沈砂池では最大40%程度の削減効果。しかし、大規模出水時には堆砂機能が低下する。
マングローブ林		出水規模、潮位変動によるが10%程度の土砂捕捉効果があると報告されている。

勾配修正等の土木的対策や農地における営農的対策を組み合わせた合理的な流域土砂管理技術を確立させた。さらに、本研究費で新たに購入した安定同位体分析装置を用いて、土砂・栄養塩の負荷起源推定を行った結果、河川において輸送される物質と各種土地利用における土壌の物質の関連性を評価することができた。石垣島名蔵湾、石西礁湖における水質・底質の定期定点調査や降雨時における海域の水質調査を実施することによって、人間活動による負荷の沿岸域への影響を評価することができた。さらに、沿岸域における物質動態シミュレーションを実施することによって沿岸域における土砂・栄養塩の動態解析が可能となり、陸域における土砂の発生に始まり、沿岸域への拡散までを扱える解析モデルを整備することができた(図-1)。

(2) サンゴの分布調査およびサンゴ着床具を用いた着生・生育実験

石垣島名蔵湾、石西礁湖におけるサンゴの分布調査やサンゴ着床具を用いた着生・生育実験を実施し、サンゴの着生・生育環境について検討した。人間活動の影響を顕著に受けている名蔵湾では、海域評価ユニットによる着生実験の結果、幼生の加入は見込めたが、生残できるサンゴの種は極めて少なく、堆積物に強い種に制限されていることが明らかになった(図-2)。

5. これまでの進捗状況と今後の計画

現段階までの進捗状況として、研究の方法で挙げた(a)については、水・土砂・栄養塩動態を概ね把握することができたので、今後、地下水流動まで含めた現地観測を実施し、流域圏における物質動態観測を完了させる。また、サンゴを指標生物とした着床・生育実験は今後も継続して実施し、健全なサンゴの生息環境のための環境基準を定量的に提案する予定である。(b)については、土砂・栄養塩の動態に関する数値モデルの構築およびいくつかの対策シナリオを想定した場合のシミュレーションを実施している段階にあり、当初の計画以上に進展している。今後、地下水流動まで含めたモ

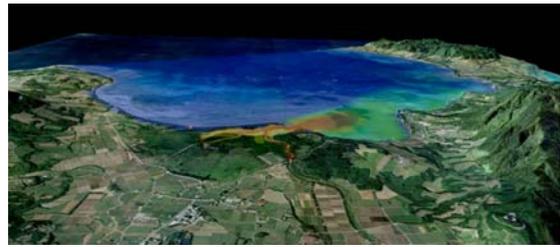


図-1 数値シミュレーションによる名蔵川流域圏の土砂流出の再現結果(赤色の部分は土砂濃度が高い)

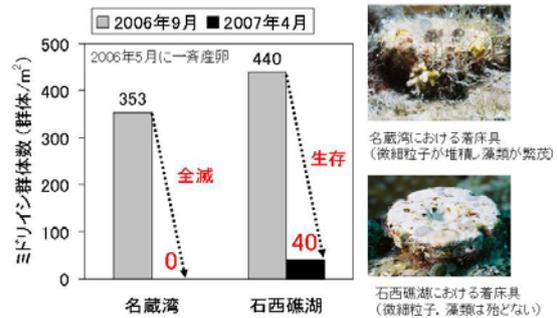


図-2 海域評価ユニットによるサンゴの着床・生育実験の結果と底質の状況

デルに改良し、流域圏物質動態モデルとして確立する。(c)については、基礎的データ収集を実施している段階にあり、次年度以降、本格的に研究を進めていく方針である。

6. これまでの発表論文等

(研究代表者は太字、研究分担者には下線)

- 1) 大澤和敏, 池田駿介, 久保田龍三朗, 乃田啓吾, 赤松良久: 石垣島名蔵川流域における土砂輸送に関する長期観測およびWEPPの検証, 水工学論文集, 52, 577-582, 2008.
- 2) 大澤和敏, 高椋恵, 池田駿介: 石垣島名蔵川流域における土砂動態および流域土砂管理技術, 河川技術論文集, 12, 293-298, 2006.
- 3) 赤松良久, 石川忠晴, 池田駿介: 湾内のサンゴ礁生息環境に関する数値シミュレーション, 水工学論文集, 50, 1483-1488, 2006.
- 4) 河内敦, 入江光輝, 石川忠晴: 石垣島アンパル干潟開口部における浮遊性大型有機物の交換に関する計測, 水工学論文集, 50, 1489-1494, 2006.
- 5) M.Okamoto, S.Nojima, Y.Furushima: A basic experiment using sexual reproduction in the open sea culture of coral, Fisheries Science, 71, 263-270, 2005.
- 6) M.Okamoto, S.Nojima, Y.Furushima, H.Nojima: Evaluation of coral bleaching condition in situ using an underwater pulse amplitude modulated fluorometer, Fisheries Science, 71, 847-854, 2005.

他 13 件, 受賞: 1 件, 招待講演: 7 件, 国際会議: 10 件, 学会等における発表: 38 件, 新聞記載: 13 件, パンフレット: 1 件.