

沖縄における流域経営と赤土流出抑制システムの促進方策に関する研究

研究代表者：松下 潤（芝浦工業大学システム工学部）

1. 研究の目的

沖縄・石垣島は、沖縄本島から西方410kmの八重山諸島の中心に当たり、東京からは南西に1,960km、日本の概ね最西端に位置する。サンゴ礁分布域としてほぼ北限に位置するが、造礁サンゴは363種にのぼり、世界でも有数の豊かなサンゴ礁海域を形成している。

日本列島に沿って北上する黒潮に沿い、琉球諸島や奄美大島、笠原諸島等へのサンゴの供給基地として重要な役割を果たしている。また、石垣島と西表島間の「石西礁湖」は、世界でも最大規模のサンゴ礁域をなし、1972年に西表国立公園の指定を受けている。また、世界自然保護基金（WWF）の「地球上の生命を救うためのエコリジョン・グローバル2000」などにも指定されている。

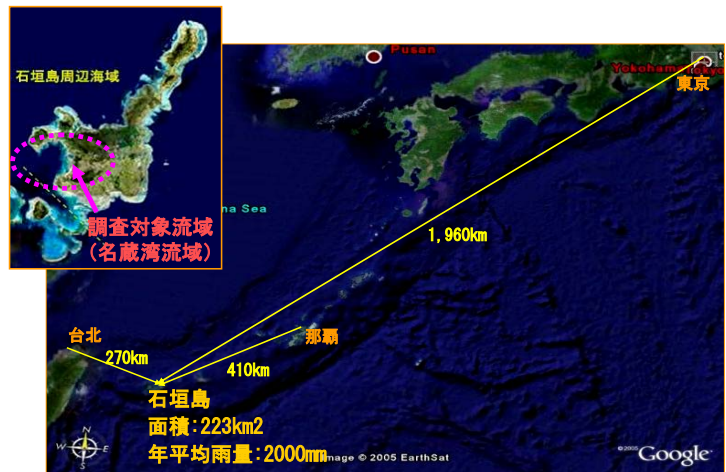


図-1 石垣島の位置および研究対象流域

島を覆う赤黄色の酸性土壌（一般に赤土と呼ばれる）は、農耕や土地造成などの人為的行為を受けると降雨時に浸食を生じ、10年間に凡そ5cmもの土壌を流亡せしめている。海域に流出した赤土は、サンゴと共生する褐虫藻を枯死させ、サンゴ礁を退化させる原因となる。また、家畜糞尿や化学肥料等の流出も海域の富栄養化をもたらし、元来貧栄養を好むサンゴの生態系の攪乱要因となる。

島を取り巻くサンゴ礁が有する環境価値は観光業の生命線である。島には年間約90万人の観光客が訪れ、観光業は農業収入120億円の凡そ5倍、500～600億円を稼ぎ出す。陸域から海域への赤土・栄養塩類の流出は島にとって大きな環境リスクであるはずであるが、現地の切迫感はそれほど大きくなく、原因者として生産性の低い農業部門が何らかの支援なしに対策を担うことも構造的に容易ではないと考えられる。

本研究では、第一にハード面から、営農形態の違いによる農地からの赤土流出量の削減効果を把握したうえで、海域の赤土・栄養塩類濃度とサンゴ礁の生態の健全性との関連性を明らかにするとともに、従来それほど明確にはされていなかった流出負荷量の許容値に関する検討を行った。

第二に、ソフト面から、陸域からの赤土・栄養塩類の流出負荷量を上記の許容値内に抑えるため、「経済と環境の好循環」を支える流域経営の仕組みについて検討した。その主たる範囲は、流出負荷抑制効果・収益性ともに高く自立的な農業経営モデルの実証実験、農業を中軸とする地産地消などの産業クラスタリングの検討、赤土流出抑制対策への基金制度の設計や自然再生事業等との連携方策の検討とした。

第三に、期末に「うみとうぬー」（海と陸の連携）と題したシンポジウムを開催し、三年間の研究成果の地域に還元するとともに、下図に示す「自然共生型流域経営」の立ち上げに継続的に取り組む必要があることを提起した。



図-2 本研究で扱う自然共生型流域経営モデルの枠組み

2. 研究成果

(1)ハード班の研究成果

ハード班の研究課題は、図-3に示す通り、①陸域での赤土・栄養塩類の動態観測、②海域での赤土・栄養塩類の動態観測、③海域でのサンゴ幼生着生度から見たサンゴ礁の生態系の健全度評価・赤土・栄養塩類の流出負荷許容値の設定の三つである。

①の陸域での土砂・栄養塩類の動態観測では、最初に研究対象の名蔵湾流域に設けたサトウキビ栽培実験農場の観測データをもとに、作物栽培形態の違いによる赤土流出抑制比率を検証した。

また、米国開拓局WEPPモデルを用いた赤土流出シミュレーションの結果、農地の勾配修正などの従来の土木的対策と緑肥などのカバークロープや敷き藁による耕土マルチングなどの営農面の対策を組み合わせることによって、

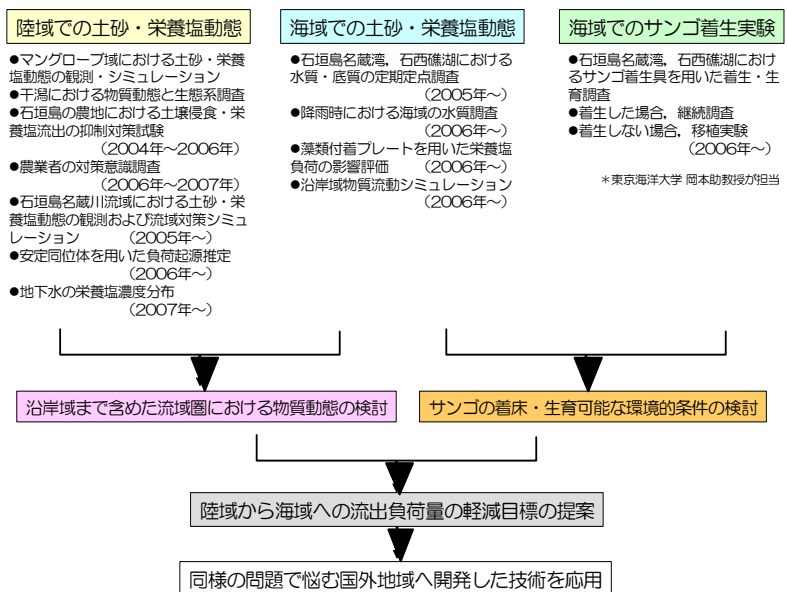
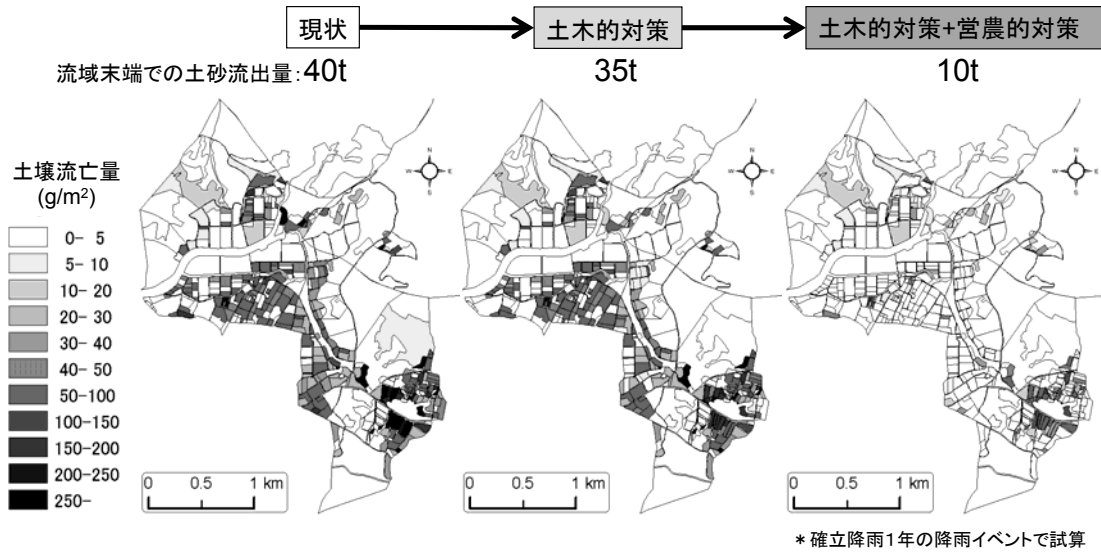


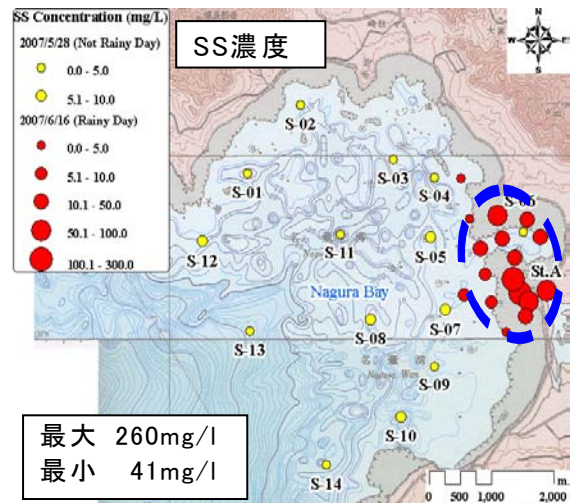
図-2 ハード班の研究体系

図-4に示す通り、陸域から海域への赤土流出量を最大80%程度まで削減できることが明らかにできた。



②の海域での赤土・栄養塩類の動態観測では、名蔵湾内に15箇所の水質観測基点を設置し、海水のSS濃度や栄養塩類濃度(N,P濃度)の通年定期観測および降雨時非定期観測を行った。

その結果、赤土濃度は、降雨直後には河川からの流出や海底からの巻上げにより図-5に示すように一時的に高濃度となるものの、日常的には河口部にのみ高濃度域が限定され、湾全体としては比較的低濃度であることがわかった。また、湾内の栄養塩類濃度も、湾外のものときほど大きな違いはなく、比較的低濃度であることが明らかになった。



③海域でのサンゴ幼生着床度から見た名蔵湾の生態系の健全度評価では、水質観測基点のうち3箇所にサンゴ幼生着床装置を併設し、サンゴ幼生着床度を観測した。

海水の赤土・栄養塩類濃度とサンゴの幼生着床度とのクロスチェックの結果、赤土流出によるサンゴの幼生着床度への影響は名蔵川河口などの局所に留まることが明らかになった。一方、栄養塩類濃度は比較的低レベルにあるものの、海底の藻類に捕捉された微細な凝集物が図-6に示すような藻類の繁殖を促し、繁茂した藻類がサンゴ幼生の着床を妨げる原因となっていることが示唆された。



図-6 藻類繁茂とサンゴ幼生着床阻害

名蔵湾におけるこのような藻類の繁茂の原因を探るため、名蔵川流域における栄養塩類調査を行い、陸域での年間の窒素投入量はおよそ46.3トン（3/4が化学肥料起源、1/4が家畜糞尿起源）であり、海域にはその4割近くが流出していることを明らかにした。化学肥料の投入量を削減するためには家畜糞尿の資源化やエネルギー利用を進め、これに基づいて循環型農業を実現することが将来的な課題となることが示唆される。

(2)ソフト班の研究成果

ソフト班の研究課題は、**図-7**に示す通り、①赤土流出抑制効果・収益性ともに高い農業経営モデルの実証実験、②島の産業のクラスタリングに基づく経済合理性を備えた自然共生型流域経営モデルの検討、③島内・外からの支援方策についての検討の三つである。検討に当たっては、島の基幹作物であるサトウキビの買上価格の低迷や小規模生産農家への買上保証制度の撤廃（2007年度）など、島の農業を取り巻く厳しい環境に鑑みれば、農業部門としての収益性改善方策が第一義的に重要であり、第二義的に他産業との連携による島の産業全体の付加価値の創出シナリオが求められると考えた。

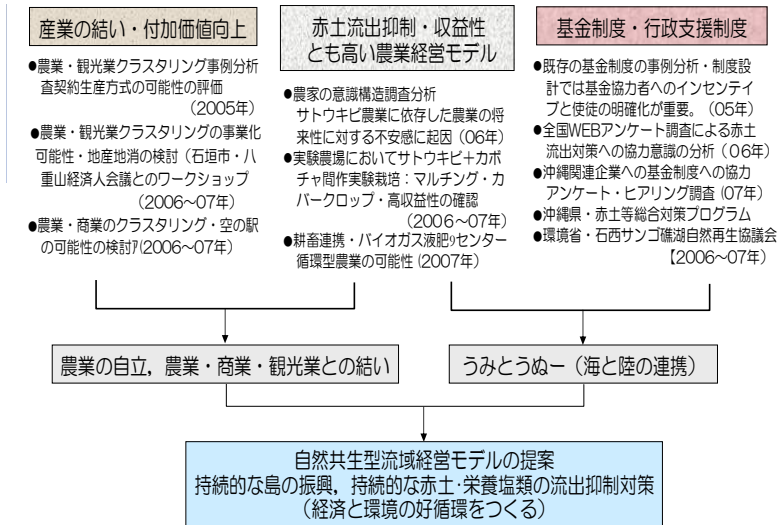


図-7 ソフト班の研究体系

①の赤土流出抑制効果・収益性ともに高い農業経営モデル

の実証実験では、亜熱帯島嶼における伝統的な他品目複合栽培の有効性に着目し、実験農場にて「サトウキビ周年栽培・カボチャ間作実験」を実施した。その結果、従来のサトウキビ作の3-4倍相当の粗利益（反当り30万円~40万円）が確保できることと同時に、カボチャ間作による耕土マルチング効果によって一定の赤土流出抑制効果が認められた。

本研究では、今後の農業経営モデル仮説として、堆肥や液肥などの有機質肥料を用いた循環型農業が有効であると想定し、現地農業法人と連携して化学肥料を用いた従来型農業との比較実験に継続的に取り組む考えである。

その際には、中規模圃場への区画整理（奥行き50m×幅400m）、圃場周辺での幅広の植栽帯設置（薬草特産品栽培）などの赤土流出抑制対策は無論、伝統的な耕畜連携の叡知に倣い、地力再生産の仕組みの再構築についても検討する予定である。（2008トヨタ財団助成事業採択）

②の島の産業のクラスタリングに基づく経済合理性を備えた自然共生型流域経営モデルの検討では、農業生産性をいっそう向上させるために、産業クラスタリングによる農業を含めた産業全体の付加価値の向上

環境保全型農業モデルの研究・開発 赤土流出抑制効果・収益性ともに高い農業とは？

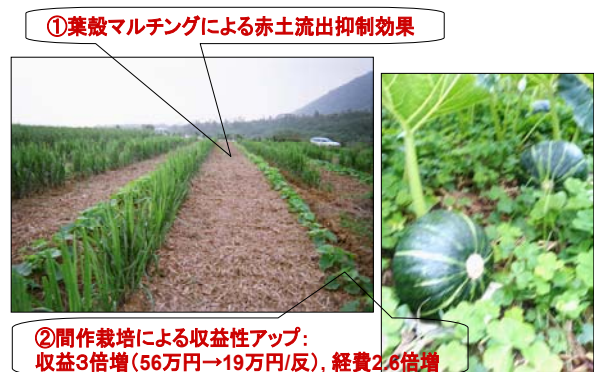


図-8 多品目・複合栽培の実証実験調査

方策について検討した。

このため、数年後の新石垣空港開設に伴う空の駅構想【農業と商業の連携】及び安心安全や地産地消を主題とする健康効用型観光【農業と観光業の連携】に関して地元でのワークショップにおいて検討し、今後の社会実験に向けた関係者の意識も共有を試みた。

石垣島の農産物の持つ健康ブランドを活用した健康効用型観光業モデルに関しワークショップにおける検討に用いた図は、図-9に示す通りである。先端的な事例研究から、もとぶ元気村（沖縄本島）や地中海クラブ（石垣島）で地元の農家と地場野菜等の直接的な生産・購入契約を始めていることが明らかになっている。

新石垣空港を活用した空の駅構想に関しては、特産の農産物や加工品を直接観光客に販売することで本土への輸送コスト（価格の5割が輸送コストとされる）を内部に吸収し、その一部を赤土流出抑制のための基金会計に投入する制度設計への期待も高いことが明らかになった。

今回のワークショップの参加者は、主に地元行政の観光関係者や商工関係者、さらには地元の産業経済人会議所属の経営者であった。上記の提案を、今後策定予定の石垣市の観光基本計画等に位置づけるべきことや社会実験の取り組みに向けての検討を継続的に進めることについて、関係者の意識統一を図ることができた。このうち、空の駅構想に関連しては、現在の石垣空港にて地元産パイヤの加工品販売の試行が始められたほか、過日石垣市より内閣府2008年度地方元気再生事業に申請が行われたことを付記しておきたい。

③の島内・外からの支援方策の検討では、島外からの基金制度と島内行政体からの赤土流出対策への資金支援制度の設計に関する検討を行った。

島外の基金制度では、まず一般国民へのWEBアンケート調査（被験者数980名）を行い、島のサンゴ礁の問題への国民的な認知度が高く、一定の基金支払い意志が広範に存在することを確認した。次に、関連企業へのヒアリング調査から、熱心な企業は限定的ではあるが確実に存在することが明らかになった。以上の結果をもとに、基金参加者に特典など様々なインセンティブを付与する仕組みを含めた制度設計の枠組みを提示した。

また、行政からの支援方策に関しては、環境省が2006年度に設置した石西礁湖自然再生協議会に参画し、基本計画に「うみとうぬー」（海と陸の連携）の視点を組み入れることの重要性を訴えてきた。海域の関係者だけでは赤土流出からのサンゴ礁の保全・再生は不可能で、対策は対症療法的なものにならざるを得ない。陸域の関係者との連携があってはじめて根本的対策が可能となり、本研究で提示した自然共生型流域経営モデルの実現へのシナリオが描ける。この点に対する地域での理解はまだ十分とはいえないため、今後も有志として研究活動を継続する所存である。

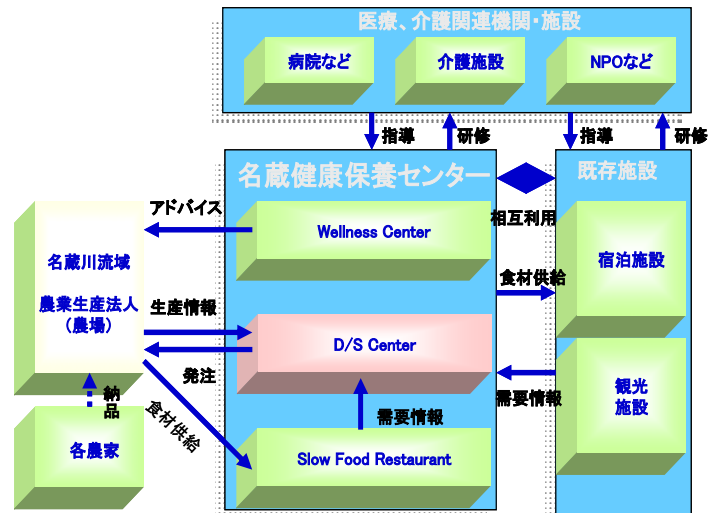


図-9 農業－観光業のクラスタリングモデル

3. 研究成果の地域への還元－フォーラム「うみとうぬー」(海と陸の連携)の開催

石垣島の離島社会特有の厳しい社会経済条件に鑑みれば、陸域からの赤土や栄養塩類の流出負荷量を削減するため、科学的根拠に基づいた許容負荷量の設定を試みたことに加えて、「経済と環境の好循環」の視点に立ち、一定の経済合理性も備えた農業や地域産業の自立モデルを確立するための政策的シナリオを提起しようとしてことが本研究の中核的な成果であると考えられる。

以上の三年間にわたる研究成果を地域に還元するとともに、関係者の意識共有とモデル事業の立ち上げを促進するため、期末に石垣市市民会館にて「うみとうぬー」(海と陸の連携)と題したフォーラムを開催した。実施内容は(1)ハード班・ソフト班による研究成果の公表、(2)石垣サンゴ大使の加藤登紀子さんによるミニライブ、(3)島内外の行政関係者や有識者、地元の若い農業者や青年会議所会員などから構成するパネルディスカッションの三部である。

本フォーラムの締めくくりに「自然共生流域圏の再生」を目標に掲げ、島の将来を支える人材育成と併行して、環境と調和した産業の育成を図るべきこと、このフォーラムの成果を今後の継続的な取り組みに繋ぐべきことを提言として採択し閉会したことを付記する。



図-3 フォーラム・パンフレット

参考 「美ら島流域経営研究会」組織体制

区分	氏名	所属機関・職名
研究代表者	松下 潤	芝浦工業大学システム工学部・教授
分担研究者 【ハード班】	大澤和敏 酒井一人 赤松良久 岡本峰雄	宇都宮大学農学部・准教授 琉球大学工学部・准教授 琉球大学工学部・准教授 東京海洋大学海洋科学部・准教授
【ソフト班】	仲地宗俊 恵小百合 小濱 哲 那須清吾 宮本善和 安東正行	琉球大学農学部・教授 江戸川大学社会学部・教授 名桜大学大学院観光境領域・教授 高知工科大学社会マネジメント研究所・教授 中央開発(株)環境防災事業部・部長・博士(工学) (財)生態系保護協会・総括主任研究員
研究協力者	入嵩西正治 安谷屋隆司 藤咲正明 馬 渕 泰 菅 和利	(有)石垣ファーマー・代表取締役 琉球大学農学部・非常勤講師 (財)日本生態系協会・主任研究員 高知工科大学社会マネジメント研究所・講師 芝浦工業大学大学院建設工学専攻・教授