

環境保全型農業と観光の経済循環システム構築に向けて：石垣島赤土流出防止対策コスト負担シミュレーション

井元, 智子
九州大学大学院生物資源環境科学府農業資源経済学専攻

坂井, 教郎
九州東海大学応用情報学部情報マネジメント学科

矢部, 光保
九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門

横川, 洋
九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門

<https://doi.org/10.15017/9855>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 63 (1), pp.87-98, 2008-02-28. 九州大学大学院農学研
究院

バージョン：

権利関係：

環境保全型農業と観光の経済循環システム構築に向けて — 石垣島赤土流出防止対策コスト負担シミュレーション —

井元 智子^{1*}・坂井 教郎²
矢部 光保・横川 洋

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門国際農業資源開発・経営経済学講座環境生命経済学研究室

(2007年11月9日受付, 2007年11月30日受理)

Towards construction of circular system for agriculture of
environmental conservation and tourism
~Simulation study of cost in prevention of red clay outflow
at Ishigaki Island~

Tomoko IMOTO^{1*}, Norio SAKAI², Mitsuyasu YABE
and Hiroshi YOKOGAWA

Laboratory of Environmental Life Economics, Division of International
Agricultural Resource Economics and Business Administration,
Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

研究の背景と目的

平成14年度から平成18年度の統計によると、沖縄には年間約500万人もの観光客が訪れている（沖縄県観光商工部観光企画課 統計情報入域観光客数）。沖縄県の実施した沖縄満足度調査（平成18年度 沖縄県観光統計実態調査）によると、観光客が旅行前に沖縄に期待するもの、および旅行後に満足度の高かったものの両方に「沖縄の海の美しさ」があげられている。したがって、沖縄の海は重要な観光資源とみなすことができる。しかし、以前から赤土流入による観光や生態系への影響が指摘されている。赤土流入とは沖縄特有の赤い色をした土壌が降雨により海へと流れ込むことであり、沖縄県においても沖縄県赤土等流出防止条例が平成6年に制定されるなどの対策が取られている。

赤土流出の主な発生原因は事業行為と耕作地であると指摘されている。耕作地における対策は、県や市の様々な啓蒙活動にもかかわらず進んでいないのが現状である。しかし、事業行為については、条例制定により赤土流出量が減少している。なぜならば、事業行為のうち公共事業では対策に必要な費用は事業費に含まれ税金から支払われており、費用負担問題が発生しないが、耕作地における対策については、耕作者つまり農家にとって対策を実施しても所得に結び付かないだけでなく、農家に新たなコスト負担となる作業であり、誰が費用を負担するのが大きなネックとなっているからである（横川, 2004）。条例中、事業行為における対策は規制であるが、耕作地における対策は努力義務となっている。環境汚染が発生した際に、汚染除去に関する費用は汚染者負担の原則が適用されるのが一般的

¹九州大学大学院生物資源環境科学府農業資源経済学専攻国際農業資源開発・経営経済学講座環境生命経済学研究室

²九州東海大学応用情報学部情報マネジメント学科

¹Laboratory of Environmental Life Economics, Division of International Agricultural Resource Economics and Business Administration, Department of Agricultural and Resource Economics, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Science, Kyushu University

²Department of Management Science, School of Information Science, Kyushu Tokai University

*Corresponding author (E-mail: t-imoto@agr.kyushu-u.ac.jp)

であろう。しかしながら、汚染者が費用負担することが難しい場合には、現実に起こっている環境汚染を軽減し改善するために、汚染者負担の原則に替わる新たな概念が必要とされる。

そこで、本研究では、(1) 農家が赤土対策を実施することによる新たな費用負担と所得の変化、および、(2) どのようなタイプの農家がどの程度の影響を受けるのかを明らかにする。また、(3) 負担額を誰が担うのかについて、被害者負担原則（小林，2006）及び協力原則（横川，2000）の概念を用いて、環境による便益の受益者負担の可能性をシミュレーションにより探る。シミュレーションにおいては、赤土対策としてグリーンベルト設置、および緑肥実施に対して農家に新たに負担となるコストをいくつかの設定において推定した。また、便益移転の考え方にに基づき西表島における支払い意志額（WTP; willingness to pay）の研究から石垣島における観光客の支払い意志額を推定した。この結果、対策実施により小規模農家及び筆数の多い農家ほど経営に影響を受けやすいことが明らかとなった。また対策実施コストのうち、最大80%を支払い意志額から補填することが可能であった。

本論文の構成は次のとおりである。次節において、既往研究の整理を行い、環境保全型農業の所得形成力と農家の意識調査の結果より、赤土流出防止対策を進めるためには何が必要なのかを論じる。次に、調査対象地と対象品目について述べる。対象地は、沖縄県石垣市とし対象品目はサトウキビとした。営農対策によるコストについては、収集した個別農家データを用いて、グリーンベルト設置、緑肥実施に対してシミュレーションを行い農家の新たなコストを試算し比較する。この結果を基に、農家への影響と必要な経済支援について検討する。最後に、石垣市全体における試算結果と海の受益者による WTP 推定について述べる。

既往研究の整理

耕作地における赤土流出対策は次の2種類に大別される。

- ・沈砂池造成や圃場の勾配修正といった土木対策
- ・圃場周辺のグリーンベルト作成や、表土を植物等で覆う営農対策

土木対策はコストと大掛かりな工事を伴うため、営農対策が有力な候補策として着目されている。しかしながら、営農対策は前述のとおり所得に結びつかないだけでなく農家に新たな負担となる作業であるため、対策を行っている農家は少ない。坂井ら（2007）の行っ

た農家を対象としたアンケート調査の結果によると、赤土流出防止対策を実施するかどうかは、実施に伴う経済的な理由よりも耕土の流出や海洋汚染に対する農家の意識の差に依存すると結論付けている。しかし同時に、流出防止対策実施のために農家が最も強く求めることは、経済的な支援であるという結果も出ている。

赤土流出防止対策を行い耕作することは、環境保全型農業の実施である。環境保全型農作物の例として、有機栽培農作物、減農薬栽培農作物などがあげられる。有機栽培農作物、減農薬栽培農作物は、慣行栽培農作物よりも労働費を含めた栽培コストが増加するが、消費者が慣行栽培農作物よりも高い付加価値を認め高価格で取引されている（胡，2001）。しかし、沖縄県における栽培農作物のうち50%以上の面積を占めているサトウキビは、地域で集荷・製糖され粗糖（原料糖）となるため、個別に農家が赤土流出防止対策を実施し環境保全型農作物としてサトウキビを栽培したとしても消費者による付加価値が認められるのは困難な状況である。つまり、環境保全対策による農家の生産費上昇分を農作物価格へと上乘せするためには、有機栽培農作物、減農薬栽培農作物というような農作物の差別化が必要である。しかしながら、サトウキビは差別化のできにくい農作物である。よって、サトウキビ栽培において、農家による環境保全対策を推進するためには、農家の環境保全対策によるコスト増加を何らかの外的支援により補填する必要があると考えられる。

したがって、営農対策に対する農家の意識調査の結果（坂井ら，2007）と環境保全型農作物の所得形成力研究（胡，2001）を踏まえると、赤土流出防止対策を進めるためには、農家のインセンティブとなり得る経済支援を実施できるかどうか大きな鍵となっている。

調査対象地と対象品目について

調査対象地は沖縄県石垣市とする。石垣市は八重山諸島の中心地である石垣島に位置し、離島棧橋を有し八重山観光の拠点となっている。また、石垣島と西表島間の海は石西礁湖と呼ばれ、珊瑚礁の織り成す美しい景観と豊かな海の生物に恵まれており海中国立公園指定を受けている。石垣市における主要産業は観光業であり、平成14年度における観光収入は440億円である。農業粗生産額は、約114億円（平成13年）であり、その構成は耕種が46.5%、畜産は53.5%となっている。金額順では肉用牛が41.7億円、次にサトウキビが18.5億円となっている（平成15年度版八重山要覧 沖縄県）。また、耕地面積の大きい順では、石垣市総耕地面積

5,450haのうち46%をサトウキビ栽培、34%を牧草地が占めている（さとうきび増産に向けた取組目標及び取組計画 沖縄県石垣市）。牧草地は通年地表が植物で覆われている状態のことが多く、赤土流出の可能性は低い。一方サトウキビ圃場は地表が剥き出しとなっている期間が、植え付け直後の苗の小さい時期と収穫後に存在し、耕作地からの赤土流出事例が報告されている。そこで、本研究では観光業と農業の両立の観点から興味深い石垣市を調査対象地とし、赤土流出防止対策における品目は栽培形態や耕地面積から赤土流出に最も影響が大きいと予想されるサトウキビとする。

営農対策によるコスト試算

1. シミュレーション1

営農対策に分類される赤土流出防止対策はいくつかの種類がある。それらを表1にまとめた。

この中から、農家からの評価が高く（坂井ら 2007）、また赤土流出防止実験においても流出量で50%減の効果のあるグリーンベルト（平成18年度赤土等流出総合対策プログラム策定検討委員会資料 沖縄県）を対策として選択する。シミュレーション1における設定条件として、以下を規定する。

- ・グリーンベルトは圃場の2辺に設置するものとし、設置幅は50cmとする（註1）。
- ・グリーンベルト設置に関して新たに必要となる面積は、現在サトウキビを栽培している面積より差し引

く（註2）。

- ・グリーンベルトの種類はゲットウ（註3）とする。
- ・ゲットウは50cm間隔での植え付けとする。
- ・グリーンベルトは5年間で更新するものとする。

今、一株当たりのゲットウの購入価格を Q 、設置幅50cmにおける1m当たりのグリーンベルト設置工事費を B とし、 M を一年間に $1m^2$ 当たりにかかる維持管理費とした時、短辺が a (m)、長辺が b (m) の圃場にグリーンベルトを設置する際にかかる1年あたりのコスト c_G^1 は

$$c_G^1 = \frac{1}{5} \left\{ \left(\frac{G_m^1}{0.5} + 1 \right) Q + B \cdot G_m^1 \right\} + M \cdot S_G^1$$

で計算できる。ただし、 S_G^1 はグリーンベルトの面積 (m^2) であり、

$$S_G^1 = 0.5 \cdot G_m^1$$

である。圃場の2辺にグリーンベルトを設置すると角で2辺が重複するため、グリーンベルト設置長さ (m) は $G_m^1 = a + b - 0.5$ となる。圃場の2辺 a 、 b は以下で定めた。沖縄県環境保全課の農地における赤土等流出危険度調査報告書によると、石垣市における平均サトウキビ圃場区画は短辺48m、長辺66mである。従って $a : b = 48 : 66$ と設定し、実際の圃場面積 $S = a \cdot b$ により連立方程式を解くことで各圃場の短辺と長辺を求めた。また、計算には、 $Q = 165$ (円)、 $B = 1,120$ (円)、 $M = 28$ (円) を用いた（註4）。

使用するデータには、石垣市における総地区数46地

表1 営農対策における赤土流出防止対策の種類

対策	流出削減率 (%)	メリット	デメリット
被覆作物（緑肥）栽培	54%	<ul style="list-style-type: none"> ・土づくりによる収量増加の可能性 ・実証実験では直後の植え付けも可能 ・混合播種により、初期成長をカバー可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・実証実験では大きな増加は認められていない ・鋤き込み後に植物が分解されるまで裸地のまま放置するため、その時に流出の可能性がある ・土壌の性質にあった緑肥を選定しないと生育が悪い
サトウキビ枯れ葉梱包フィルター	50%	<ul style="list-style-type: none"> ・圃場への有機物還元による収量増加の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・梱包フィルターはかなり重く、設置作業は重労働
植栽フィルター（グリーンベルト）	50%	<ul style="list-style-type: none"> ・植栽使用植物を新たに販売できる可能性 ・他の方法と比べると比較的取り組みやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・植栽幅を確保するために、圃場面積が減少する ・年間を通じた維持管理、数年毎の更新が必要となる
サトウキビ枯れ葉全面マルチ	90%	<ul style="list-style-type: none"> ・圃場への有機物還元による収量増加の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・敷設作業労力が必要

データ出所：平成18年度赤土等流出総合対策プログラム策定検討委員会資料より筆者が加筆訂正

区のうち無差別に8地区を選択し、その地区に含まれる全サトウキビ栽培農家のサトウキビ栽培農家の圃場面積、筆数(圃場の数)、単収(kg/10a)が記録されており、平成17年度データを平成18年12月に実施した現地調査により収集した。データを収集した農家数は301戸であり、これは石垣市における平成17年度のサトウキビ栽培農家1480戸(さとうきび生産量推移, 石垣市)の約20%にあたる。本研究では、この301戸の農家の所得を基にシミュレーションを行った。販売総額は収集した圃場面積 S (a)と単収 T (kg/10a)、サトウキビ買入価格(対象年度のサトウキビ買入価格は20,110円/tである)を乗じ、サトウキビ対策費(360円/t)を加えたものであり、規模別の全算入生産費(平成17年度、工芸農作物等の生産費、農林水産省)より家族労働費を除き生産費 C とみなした額を引いたものを農家の所得 I とした。つまり、所得 I は

$$I = \frac{20,110}{1000} \cdot \frac{S}{10} \cdot T + \frac{360}{1000} \cdot \frac{S}{10} \cdot T - \frac{C}{10} \cdot S$$

で与えられる。 t 年度(平成17年度)の所得 I より、農家が所有する全てのサトウキビ圃場($t+1$ 年度に収穫の夏植え圃場を含む)にグリーンベルトを設置した場合のコスト及び t 年度収穫面積からグリーンベルト作成のため減少したサトウキビ栽培面積による所得分を差し引いたものがシミュレーション1実施後の所得となる。各農家におけるシミュレーション1実施後の所得を推定すると、所得がマイナスとなる農家の割合は38.5%であった。

図1は、平成17年度の各農家圃場面積毎のサトウキビ所得分布である。この図1において、 x 軸の数字は面積タイプを表しており、生産費(平成17年度、工芸農作物等の生産費、農林水産省)で用いられている面積タイプと同一である(表2)。図1より、面積タイプ毎の10a当たり所得は3万円前後であり非常に厳しく、なおかつ農地の大規模化による10a当たり所得の増加が認められないことが分かる。

図2では、グリーンベルトをシミュレーション設定条件に基づいて設置した際にかかる費用を農家が負担した場合を想定し、所得の差額を面積タイプ毎に表した(註5)。図2より、圃場面積規模が最も小さい面積タイプ1は差額が2万円代であり、面積タイプ2~4は1万円代後半、面積タイプ5は1万円代前半となっている。つまり、面積規模が小さい農家ほどグリーンベルトを作成することにより所得に大きな打撃を受けることが分かる。ここで、各面積タイプにおいて、所得差額に差があるか否かを一元配置分散分析により検

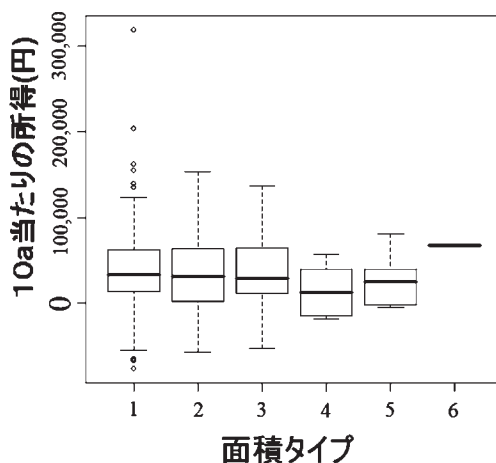


図1 面積タイプと10a当たり所得

表2 面積タイプ

面積タイプ	規模 (ha)	データ数
1	~0.5	117
2	0.5~1.0	107
3	1.0~2.0	64
4	2.0~3.0	6
5	3.0~5.0	6
6	5.0~7.0	1
7	7.0~	0

定した。今、面積タイプ i の平均所得差額を μ_i としたとき、帰無仮説、対立仮説は

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_1: \text{少なくとも1つの等号が成立しない}$$

と表される。一元配置分散分析の結果、 p 値は 1.488×10^{-6} となり0.1%水準で帰無仮説は棄却され、各面積タイプにおいて少なくとも1つの組合せの平均所得差額には差があることが分かった。

次に、どの面積タイプに有意な差があるのかを2標本 t 検定を用いて調べた。結果、面積タイプ1と2を比較した p 値は、 6.931×10^{-13} となり、有意差が認められた。また、面積タイプ2と3、3と4、4と5の間には有意差は認められなかった。最後に、面積タイプ1とそれ以外面積タイプを合わせたグループ間の t 検定により p 値は 2.756×10^{-15} となり有意差が認められた。したがって、面積タイプ1の平均所得減少額は、その他の面積タイプに比べ有意に上がっていると結論付けることができる。

圃場の大規模化は、圃場の集約によりなされている

可能性がある。図3は、圃場面積と筆数の散布図である。曲線は、このデータにポアソン回帰モデルを当てはめた結果を表している。ポアソン回帰モデルのパラメータは最尤法により推定した。傾きを表すパラメータ b の推定値は0.5623であり、帰無仮説 $H_0: b = 0$ 、対立仮説 $H_1: b > 0$ の片側検定を行うと p 値は 1.0×10^{-16} 以下となり、圃場面積と筆数には正の相関がある事が分かり、石垣市における圃場の大規模化は、筆数の集約により多くはなされていると結論付けることができる。

次に面積タイプとそれぞれ筆数において、グリーンベルト作成前後の所得差額の関係を明らかにする。なお、面積タイプ6はデータ数が1のため、以降の分析

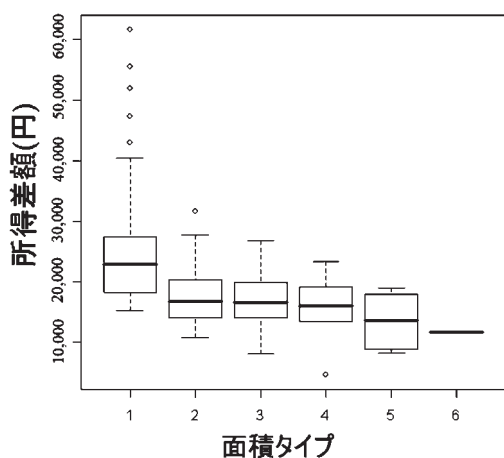


図2 シミュレーション1における面積タイプと対策実施後の所得差額

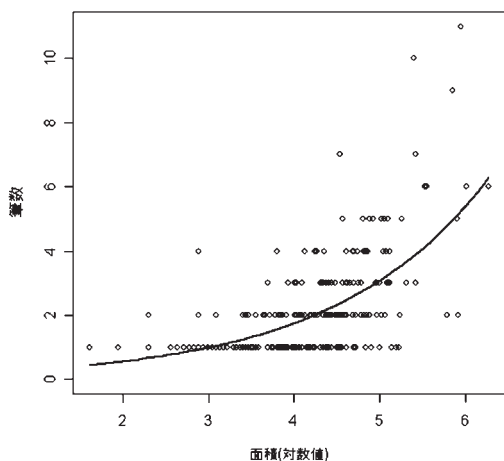


図3 圃場面積と筆数の散布図

からは除外する。図4(a)~(e)は、それぞれ面積タイプ1~5において筆数毎の所得減少額の分布を表している。これらのデータより、5つの面積タイプ全てにおいて、一元配置分散分析を行った結果、筆数の増加と共に所得減少額が増加する傾向が認められた。

2. シミュレーション2

グリーンベルトを圃場の1辺のみに作成した場合をシミュレーション2として試算する。現在、石垣島において作成されているグリーンベルトはこの形態のものが多く、この場合、より標高の低い箇所に位置する辺に対してグリーンベルトを作成すべきであるため、圃場の地形条件によりシミュレーション1で設定した圃場の短辺もしくは長辺のどちらかにグリーンベルトを作成すべきかが異なってくる。今回使用したデータでは、地形条件を使用しないため圃場を正方形と仮定し、その1辺の長さ d (m) をシミュレーション2におけるグリーンベルト作成長さ G_m^2 とする。つまり、圃場面積 S に対して $d = \sqrt{S}$ である。これは、農家全体で平均値を取っていると見なすことができる。また、他の条件はシミュレーション1と同様に設定する。このとき、1辺が $d = \sqrt{S}$ (m) の正方形圃場にグリーンベルトを設置する際にかかるコスト c_G^2 は

$$c_G^2 = \frac{1}{5} \left\{ \left(\frac{d}{0.5} + 1 \right) Q + B \cdot d \right\} + M \cdot S_G$$

で計算できる。ただし、 S_G はグリーンベルトの面積 (m^2) であり、

$$S_G = 0.5d$$

である。シミュレーションには、シミュレーション1と同様に $Q = 165$ (円)、 $B = 1,120$ (円)、 $M = 28$ (円) を用いた。各農家におけるシミュレーション2実施後の所得を推定すると、所得がマイナスとなる農家の割合は26.9%であった。

次に、面積タイプとそれぞれ筆数において、グリーンベルト作成前後の所得差額の関係を明らかにする。なお、面積タイプ6はデータ数が1のため、シミュレーション1と同様に以降の分析からは除外する。図5(a)~(e)は、それぞれの面積タイプ1~5において筆数毎の所得減少額の分布を表している。これらのデータより、5つの面積タイプ全てにおいて、一元配置分散分析を行った結果、筆数の増加と共に所得減少額が増加する傾向が認められた。

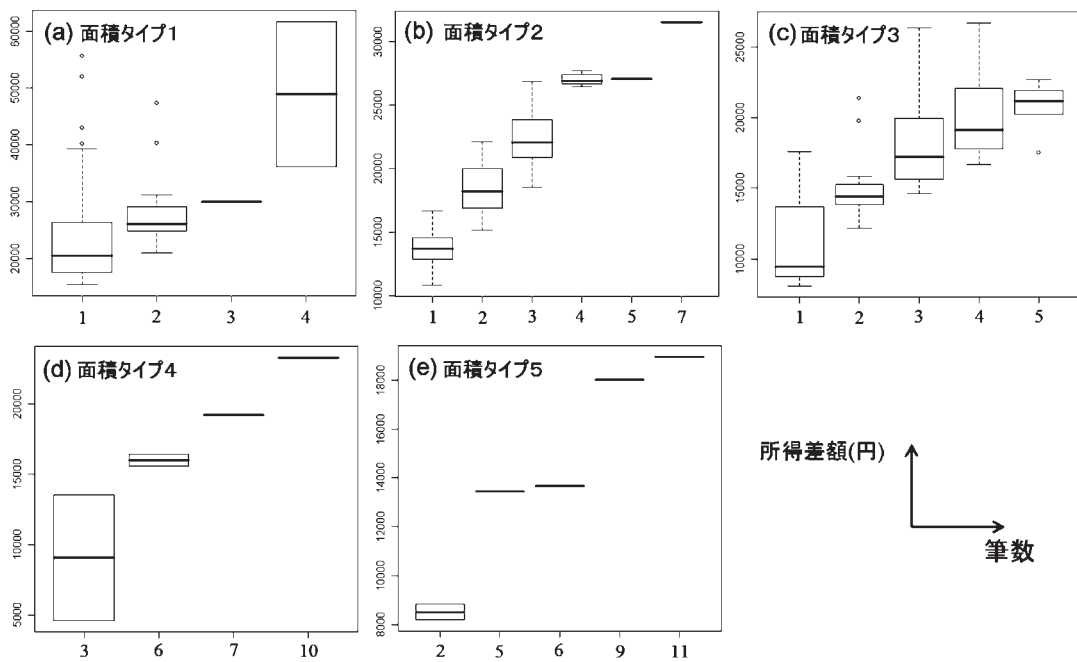


図4 シミュレーション1による筆数と所得差額

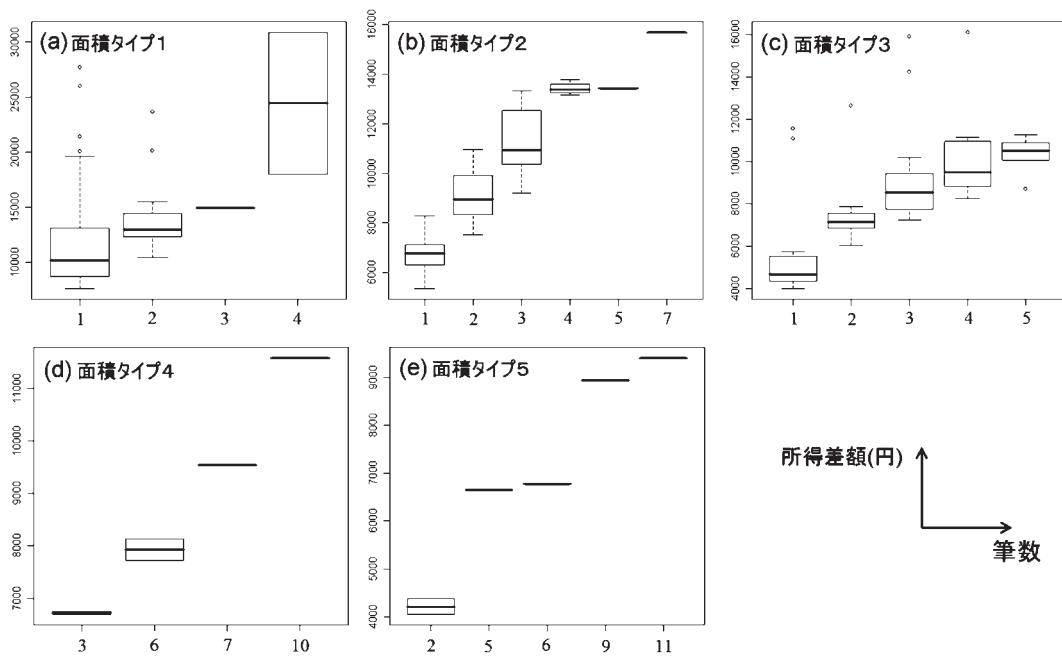


図5 シミュレーション2における筆数と所得差額

3. シミュレーション3

営農対策に分類される赤土流出防止対策として緑肥対策を実施した場合をシミュレーション3として試算する。緑肥とは土壌を肥沃させるために栽培する植物であり、堆肥と異なり腐熟させずにそのまま土壌に働き込むか敷き草として利用される。水田のレンゲ、麦畑のヒマワリなどが知られている。ここでは、気候・土壌条件よりピジョンピーを緑肥作物として選定した。また、緑肥対策は夏植え圃場のみ実施することとする。緑肥となる植物の生育にはある程度の日数が必要なことから、裸地となる日数が存在する夏植えに適した対策である。別の見方をすると、裸地となる日数がほとんど存在しない春植えと株出しには、緑肥対策を実施することは現実的ではない。夏植えは、石垣市におけるサトウキビ圃場のうち、約80%（さとうきび生産量推移、石垣市）を占めており、この対策による赤土流出防止量は十分に期待できる。圃場からの赤土流出防止が目的であるため、夏植え圃場全面（ t 年度収穫面積）にピジョンピーを栽培すると仮定する。

このとき、10aの圃場あたりにかかる緑肥対策実施コストは、ブロードキャスター使用による播種（1,500円）、プラウ使用によるすき込み（4,000円）、肥料購入費（1袋1,260円の堆肥、10aあたり40kg必要（2,520円）、ピジョンピー購入費（1kgあたり470円、10aあたり5kg必要（2,350円））の合計となり、10,900円/10aとなる（註6）。

そこで、シミュレーション1と2と同様に、サトウキビによる所得から各農家の夏植え圃場の全面積（ t 年度収穫面積）に緑肥対策を実施した場合のコストを差し引いたところ、対象農家の26.2%において所得はマイナスとなった。

4. シミュレーションの比較

各シミュレーションの結果より、農家の所得にもっとも影響が少ない対策は緑肥となることが明らかとなった。しかし、緑肥は夏植え圃場のみを実施するため、シミュレーション3においては春植えと株出しの圃場に対して、赤土等流出防止対策は実施されていない。春植えと株出しの作付け体系は裸地となる日数の存在が夏植えよりも少ないため、赤土の流出は少ないとされているが、それでもサトウキビ植え付け直後の圃場から流出の可能性は存在する。また、緑肥の働き込み後に発生する裸地日数の間に赤土の流出が発生する可能性もあり、流出防止量の増加のためには緑肥対策とグリーンベルト設置を組み合わせた対策がより効果的

であろう。圃場の地形的条件をも含む、対策選択方法が今後の課題である。

シミュレーション1及び、シミュレーション2の結果より、グリーンベルトを設置した場合には、圃場の規模（面積タイプ）と筆数が設置コストに大きな影響を与えることが判明した。よって、面積タイプ毎の筆数とグリーンベルト作成前後の所得差額を表3にまとめた。表3の結果より考察を次節で述べる。

農家への影響と経済支援

本研究における各シミュレーション結果の農家所得より、農家が赤土流出防止対策を実施する際、より所得に影響が少ない選択肢は緑肥対策と圃場の1辺のグリーンベルト設置であることが判明した。これは石垣市の轟川流域における農家アンケート調査（轟川流域農地赤土対策営農普及マニュアル、平成16年度轟川流域農地赤土対策推進検討委員会）において、農家の6割がグリーンベルト作成に経済支援があれば取り組むと回答した結果とも整合する。

次に、グリーンベルトを作成した際に、どのような農家がどの程度の所得減少を伴うのかを明らかにした。全体で見ると、規模の大きい農家ほど所得減少幅は小さい。表3からその内訳を面積規模ごとに分析すると、所得減少幅は圃場の筆数に大きく起因していることが明らかとなった。これは圃場の分散型所有による大規模化を行っている農家が多数存在しているためである。圃場の分散型所有による大規模化によっても、いわゆる規模の経済が働き、農業生産物のコストダウンには寄与していると考えられるが、環境保全型農業を実施する場合の新たなコスト負担にとって筆数の増加、つまり圃場の分散型所有による大規模化はよりコストが増加する傾向となることが明らかとなった。沖縄県石垣市におけるサトウキビ栽培に対する環境保全型農業実施の場合、このコスト増加傾向より、環境保全型農業実施に対する経済支援（農家に対する直接支払い）方法が多角的であることが必要となろう。一律に経営規模だけで支払い額を決定したのでは、真のコスト負担額と合致しないからである。農業経営に意欲的であり、圃場を複数所有することにより規模拡大を行ってきた農家が、環境への対策も実施可能である経済支援体制を確立することが求められている。

経済支援方法の有力候補は農家に対する直接支払いであろう。ドイツでは水質保全を目標に、農家が設定条件を満たした営農活動を実施した場合に補償支払いを行っている（横川、2000）。フランスでは支払い金

表3 面積タイプごとの筆数とグリーンベルト作成前後の所得差額

面積タイプ 1				面積タイプ 2				面積タイプ 3			
筆数	Sim 1 (mean)	Sim 2 (mean)	データ数	筆数	Sim 1 (mean)	Sim 2 (mean)	データ数	筆数	Sim 1 (mean)	Sim 2 (mean)	データ数
1	23,114	11,490	92	1	13,702	6,745	45	1	11,194	5,786	12
2	27,669	13,768	22	2	18,344	9,049	38	2	14,864	7,372	17
3	29,986	14,928	1	3	22,417	11,302	18	3	18,344	9,295	15
4	48,957	24,466	2	4	27,004	13,429	4	4	19,802	10,048	13
5				5	27,038	13,441	1	5	20,812	10,332	7
6				6				6			
7				7	31,533	15,698	1	7			
8				8				8			
9				9				9			
10				10				10			
11				11				11			
面積タイプ 4				面積タイプ 5							
筆数	Sim 1 (mean)	Sim 2 (mean)	データ数	筆数	Sim 1 (mean)	Sim 2 (mean)	データ数				
1				1							
2				2	8,515	4,214	2				
3	9,048	6,721	2	3							
4				4							
5				5	13,437	6,658	1				
6	15,988	7,931	2	6	13,680	6,779	1				
7	19,214	9,537	1	7							
8				8							
9				9	18,026	8,943	1				
10	23,306	11,581	1	10							
11				11	18,966	9,412	1				

額算定のための経営調査も多く実施されている（石井, 2002）. 日本国内においても幾つかの実践例がある. 兵庫県丹波市では無農薬栽培や景観作物栽培に対して助成金を出している. 滋賀県では平成16年から, 慣行より農業・化学肥料を5割以下に削減した場合への金銭支援が実施されている. 福岡県では平成17年から, 生き物調査を要件化した環境支払いが実施されている. また, どのような支払い政策を実施するとより少ない行政費用で多くの農家が参加するかという制度設計の研究も行われている（佐々木, 2006）. これらの事例, 既往研究と比較してみると, 本研究の対象である沖縄県石垣市における赤土流出という環境問題とサトウキビ生産は(1)において状況が異なり, (2)においては非常に厳しい状況である.

(1) 環境保全型農業実施により, 農作物にプレミアをつけることのできる農作物なのか,

(2) 元々の農家所得の状態

環境保全型農業が, 実際にどのような作業であり, コストがどれだけかかるのかを精査し, 各地域環境, 農作物の特色, 農家経営状態に応じた支払い制度を確立する必要がある.

石垣市全体における試算結果とコスト負担者のWTP推定

得られた分析結果より, 石垣市全体でシミュレーションを行った結果を表4にまとめた. 表4の石垣市全体での金額は, 使用データにおける農家の平均値に石垣市におけるサトウキビ農家数1480を乗じたものである. この結果, 最もコスト負担の少ない緑肥対策（シミュレーション3）で合計額は0.96億円, 資材費のみをコストアップすると0.45億円となった. 同様に圃場の2辺にグリーンベルトを作成するシミュレーション1の合計額は, 2.00億円となり, 資材費のみで0.42億円であった. 圃場の1辺にグリーンベルトを作成するシミュ

表4 石垣全体におけるシミュレーション

	使用データにおける農家の平均値					石垣市全体				
	年平均コスト					年平均コスト				
	資材費	労働費	キビの減収分	合計損失		資材費	労働費	キビの減収分	合計損失	
シミュレーション1	129,929	28,299	101,629	4,892	134,821	192,294,565	41,883,075	150,411,490	7,240,390	199,534,955
シミュレーション2	64,473	14,089	50,385	2,997	67,470	95,420,342	20,851,171	74,569,171	4,435,801	99,856,143
シミュレーション3	64,989	30,527	34,462	0	64,989	96,184,087	45,180,048	51,004,039	0	96,184,087

レーション2の合計額は1.00億円であり、資材費のみで0.20億円となった。なお、シミュレーション1および2の場合は、現状のサトウキビ圃場面積からグリーンベルトを作成しているために圃場面積減少によるサトウキビ所得減少額がそれぞれ0.07億円、0.04億円存在することに注意されたい。圃場の面積が減少するのは、グリーンベルトの大きな欠点であるが、グリーンベルト使用植物を販売する可能性も存在している。

シミュレーション2と3はコストがほぼ同一であるが、その内訳となる資材費と労働費の割合は異なる。2つのシミュレーションを比較すると、グリーンベルトは資材費よりも労働費が高く、緑肥はほぼ同一である。各農家が実際にどの対策方法を選ぶのか、コストの内訳も大きな要因となろう。

これらの環境保全にかかる新たなコストをどのように支援することができるか、その可能性について議論する。海の状態が改善される事を目的に赤土等流出防止対策を行うのであるから、海を受益する人々、つまり観光客によるコスト負担も一つの方法であろう。ここで、石垣島の隣の島である西表島において井元ら(2005)が行った調査結果によると、観光客は中央値で1,640円の環境保全もしくは維持に対する支払い意志額を保有している。さらに海を受益することが目的で訪問している人々(具体的にはダイバーや海水浴客など)は約1,400円の支払い意志額を保有していた。ここで、非常に簡易な便益移転の考え方をを用いる。西表島は石垣島に隣接する島であるが、その特徴は異なっている(表5にその特徴をまとめたので参照されたい)。石垣島が八重山圏の中心地であるのに対し、西表島は東洋のガラパゴスとも称されるほどの手付かずの自然環境に大きな特色がある。

しかしながら、保全対象を海に限定した場合、石垣島と西表島の間に広がる海は、石西礁湖と呼ばれ、海中国立公園指定を受けている事からも密接なつながりがあると仮定できるだろう。また、西表島への交通手段は船しかなく、ほとんどの場合、訪問者は、石垣島経由で西表島へ行くことになる。より奥深い自然に対

表5 石垣島と西表島

	面積 (km ²)	人口 (千人)	特色
石垣島	222	45	八重山圏の中心地。空港あり。
西表島	289	2	秘境とも言われる自然。船でのみ来島。

する便益を人々がより高いWTPとして評価する理論(井元, 2006)に基づき、石垣島における海を保全するために観光客が保有する支払い意志額を、西表島で海を受益することが目的で訪問している人々の支払い意志額1,400円より類推し500~700円と仮定する。この額に対して、西表島による調査結果によると、100%の人々が支払いを受け入れると回答している。ただし、この支払い意志額はあくまでも海の便益を受益することが目的で訪れる人々のみに成り立つとする。西表島において、海を受益することが目的で訪問している人々の割合は全体の約20%であった。西表島においてもダイビングや海水浴は主な観光形態のひとつであるが、独特の自然環境を利用したエコツアーが盛んな島であることから、石垣島においては、海を受益することが目的で訪問している人々の割合は西表島のそれと同等かもしくは増加すると想定できる。よって、今回は20%~30%の観光客が海を受益することが目的で訪問していると仮定する。また、石垣市を訪れる観光客数約70万人のうち、40万人が石垣市を主要な目的地としているとみなし(註7)、うち20%~30%の8万人~12万人が設定WTPを持つと仮定する。

試算の結果、観光客の保有するWTPの総額は4,000~8,000万円の幅で推計されることが明らかとなった。各シミュレーションの結果においてそれぞれカバー可能な額の割合を表6に示した。特徴として2点をあげると以下のとおりである。シミュレーション2, 3においては全体コストのうち最大で約80%をカバー可能であり、資材費や労働費のみを対象とすると全額をカ

表6 観光客のWTPによるコストカバーの割合

	観光客 WTP (千円)		全体コストのカバー率		資材費のカバー率		労働費のカバー率	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
シミュレーション 1	¥40,000	¥80,000	21%	42%	96%	191%	27%	53%
シミュレーション 2	¥40,000	¥80,000	42%	84%	192%	384%	54%	107%
シミュレーション 3	¥40,000	¥80,000	42%	83%	89%	177%	78%	157%

バー可能である。最小の場合でも、全体コストの約40%をカバーしており、資材費、労働費についてはカバー率の大きさ割合がシミュレーション2と3で逆転する結果となった。

考 察

本研究において、以下の4点が明らかとなった。

1. 赤土等流出対策を実施した場合における農家の新たな負担額と所得変動
2. 1が面積規模と筆数によって変動すること
3. 環境保全型農業を実施する農家に対する直接支払いにおいて、実施の内容とその結果の農作物がプレミアムを持つことが可能かどうかを支払い額の判断基準に加えるべきであること
4. 石垣における赤土等流出対策を実施した農家に対する、環境保全型農業としての直接支払い金額は、観光客による海を保全するためのWTPによってカバーできる可能性があること

1. 及び2. より、赤土等流出対策を実施した際、所得により影響を受けるのは小規模農家、そして筆数の多い農家であることが明らかとなった。耕作地の規模を拡大するために筆数が増加している可能性が高いため、サトウキビ栽培のコストダウンに向けた規模拡大(筆数の増加)が、環境保全対策(赤土等流出対策)においてはコストアップにつながってしまう可能性が高い。このように圃場を複数保有している農家、つまり圃場の分散型所有は規模の経済が働きにくく、一括型所有と比較するとコストダウンが進みにくいが、グリーンベルト設置においては明確に対策費が多くなることが明らかとなった。この点を踏まえて、3. より、環境保全型農業への直接支払いにおいて、環境保全型農業の実施面積だけでなく、その実施内容とコストの影響を圃場所有形態も含めて支払いを検討する必要がある。また、国内における従来の環境保全型農業生産物は、既往研究の節で述べたように、生産物に対してプレミアムを持つことが可能であった。しかし、サトウキビのように生産物自体にプレミアムを持つことが

難しい生産物も存在している。プレミアを保有できない生産物の場合、市場においてその環境保全へのコストが生産物価格へと反映されることは不可能であり、環境保全対策の実施に際し、より多くの支援を必要とする。

4. について、今回のWTPの推定は、便益移転の理念を用いて非常に簡単な試算を行っただけであるため正確なWTPはより精密な調査を行う必要がある。しかしながら、概算値としては使用可能であると考えられる。つまり、海を保全するために農家が努力し、その努力に対して海を受益する観光客が支払いを行うというシステムである。これは環境への汚染に対し、その原因者が汚染除去費用を負担するという「汚染者負担の原則」の適用ではない。その理由は以下の2つである。1つは、今回のケースにおいて、海を受益する人々(観光客)を被害者と設定すると、被害者の所得が汚染者に比べて大きくなるほど環境補助金も許容されるという「被害者負担原則」の適用である(小林, 2006)。2つ目は横川(2000)の「協力原則」の概念であり、既得権としての現状における農業実施方法をより環境へ配慮した方法へと変換させるため、つまり、横川(2000)における「適切な農業の遵守を超える水準の厳しさにおいて」補償が支払われるという理論に基づいている。被害者負担の原則を実施する際には、一般的な考え方からは受け入れ難いことも予想されるが、汚染者負担の原則にこだわるあまりに環境汚染対策が進まないことよりも、汚染者の経済負担を減少させることで対策が進む場合もあるだろう(小林, 2006)。本論文では、石垣島における農業と観光業、そして海の環境保全に対して、1つの経済システム・環境システム成立の可能性を示唆した。

文 献

- 胡 柏 2001 環境保全型稲作の所得形成力と形成条件分析. 農業経済研究, 73(1): 1-15
井元智子 2006 西表島における自然環境保全と観光の両立可能性. 東京大学新領域創成科学研究科

修士論文

- 石井圭一 2002 フランス農政における地域と環境。農林水産政策研究業書, 農林水産政策研究所
- 石垣市 さとうきび生産量推移
- 小林 航 2006 環境税と汚染者負担原則. 日本財政学会第63回大会報告論文
- 農林水産省 平成17年度 工芸農作物等の生産費
- 沖縄県観光商工部観光企画課 HP 統計情報入域観光客数
<http://www3.pref.okinawa.jp/site/view/contview.jsp?cateid=233&id=9898&page=1>
- 沖縄県赤土等流出防止条例 平成6年10月20日公布 条例36号
- 沖縄県営農支援課 平成18年度赤土等流出総合対策プログラム策定検討委員会 第1回検討委員会資料
- 沖縄県 平成15年度版八重山要覧(平成16年3月作成)
- 沖縄県 平成18年度 沖縄県観光統計実態調査
- 沖縄県石垣市 さとうきび増産に向けた取組目標及び取組計画(生産計画) 石垣島さとうきび増産プロジェクト
<http://www3.pref.okinawa.jp/site/contents/attach/12081/14%20ishigakijima.pdf>
- 沖縄県環境保全課 平成16年度流域赤土流出防止等対策調査 農地における赤土等流出危険度調査 報告書
- 沖縄県農林水産部営農支援課・海邦環境プランニング株式会社 平成17年度 赤土等流出総合対策プログラム開発調査検討業務報告書 第4節, 平成18年3月
- 坂井教郎, 他 2007 石垣島における農地からの赤土流出の実態と農家の意識. 2007年度日本農業経済学会論文集, 333-338.
- 佐々木宏樹 2006 環境支払い政策の制度設計—行動経済学の政策適用—. 2006年度日本農業経済学会論文集, pp.203-210.
- 轟川流域農地赤土対策推進検討委員会 平成16年度 轟川流域農地赤土対策営農普及マニュアル
- 横川 洋 2000 ドイツの水質保全プログラムにおける協力原則の適用—農業環境プログラムにおける合意形成の促進と実効性の確保のために. 2000年度日本農業経済学会論文集, 210-216.
- 横川 洋 2004 自然循環機能の維持増進をめぐる政策課題—日本版 GAP の策的と適用—. 農業と経済, 7月臨時増刊号, 138-147.

(註1) 50cm幅のグリーンベルト作成により, 石垣市の轟川流域における平均サトウキビ圃場からの赤土流出量は50%減少することがUSLE方式を用いた推定より明らかとなっている。詳細は沖縄県農林水産部営農支援課・海邦環境プランニング株式会社 平成17年度 赤土等流出総

合対策プログラム開発調査検討業務報告書 第4節, 平成18年3月。を参照されたい。

- (註2) 圃場の周囲において耕作可能な土地は現時点で既に圃場として活用しているため, 圃場の周囲にグリーンベルト作成可能な土地が存在している可能性は低い。
- (註3) ゲットウとは沖縄に自生しているショウガ科の植物であり, その葉はお餅を包む食材として使用されている。独特の芳香があり, 防虫効果は以前より知られていたが, 近年は石鹸やお茶, 化粧水などの材料としても注目されている。
- (註4) ゲットウ苗単価は石垣市実販価格, 設置工事費は水質保全対策事業における試算費, 維持管理費は平成15年度流域環境保全維持管理対策調査業務による。詳細は沖縄県農林水産部営農支援課・海邦環境プランニング株式会社 平成17年度 赤土等流出総合対策プログラム開発調査検討業務報告書 第4節, 平成18年3月。を参照されたい。
- (註5) サトウキビは収穫までに1年半かかる夏植えがあり, t 年度の収穫面積には t 年度には収穫されない圃場($t+1$ 年度に収穫)が存在する。ここでは面積比率を $t:t+1=1:1$ と設定し, $t+1$ 年度に収穫する夏植え圃場にもグリーンベルトを作成すると仮定する。なお, 年度毎の所得は一定と仮定する。
- (註6) 沖縄県農林水産部営農支援課, 海邦環境プランニング株式会社 平成17年度 赤土等流出総合対策プログラム開発調査検討業務報告書 第4節によると, 緑肥対策にかかるコストは10aあたり, プラウ使用による深耕(4,000円), サブソイラー使用による深耕(4,000円), ブロードキャスター使用による播種(1,500円), プラウ使用によるすき込み(4,000円), 肥料購入費(1袋1,260円の堆肥, 10aあたり40kg必要(2,520円)), ピジョンビー購入費(1kgあたり470円, 10aあたり5kg必要(2,350円))の合計となり, 19,300円と記載されている。本論文では, このうち耕耘・深耕についてサトウキビ栽培の作業に含まれると判断し, 緑肥対策のコストより除外する。
- (註7) 西表島におけるWTPは2段階2肢選択法を用い, プロビットモデルを適用し推定した(井元智子 2006, 西表島における自然環境保全と観光の両立可能性, 東京大学新領域創成科学研究科 修士論文)。石垣島における試算については, 観光客のうち石垣島が主要な目的地である人々の割合を西表島の観光客数や八重山圏の観光形態より約60%と設定した。つまり, 石垣島を訪れる70万人中40万人が石垣島を主要な目的地としているとみなし計算を行った。

Summary

Marine pollution by red clay outflow from agricultural land is a serious problem at Okinawa. To prevent the outflow, there are several ways that can be done by farmers who grow sugarcane, i.e. construction of green belt, green manure and so on. These methods, however, charge new cost to the farmers. Therefore it is important to elucidate how incomes of farmers change by the new cost. In this paper we analyze data collected from 301 farmers at Ishigaki, Okinawa and find a candidate factor that could affect famers' income. As a result, the farmers who have a number of agricultural fields distributed separately face to more negative profit. In addition, this preventing of the outflow leads to improve the marine pollutions. Hence, we finally perform simulation study to explore the possibility whether we can give financial supports to famers by the WTP of the tourists who aim to play marine sports at Ishigaki. This simulation is performed based on the method of benefit transfer from the results of the research at Iriomote Island, which located next to Ishigaki Island. In conclusion, we suggest establishing a new cyclic economics-environmental system.