

# 石垣島の赤土流出抑制に向けた地域環境経営システムの提案\*

## Proposal for Regional Environment Management System for Red Soil Protection in Ishigaki Island \*

前田慎一\*\*・平岡龍馬\*\*\*・那須清吾\*\*\*\*

By Shinichi MAEDA \*\*・Ryoma HIRAOKA \*\*\*・Seigo NASU\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年、石垣島では陸域からの赤土や栄養塩の流出が、さんご礁の死滅・劣化を引き起こしている。この問題の主たる要因として島からの赤土流出が挙げられる。この問題を解決するために、赤土の流出抑制対策に取り組んでいる。ハード対策として農地の勾配修正、ソフト対策として農地の植生被覆などが行われてきたが、これらの手法では問題が解決していない。原因としては「コストがかかる」、  
「農家の協力が得られない」などが考えられる<sup>1)</sup>。さんご礁を保護するためには、さんご礁の価値とさんご礁保護にかかるコストが部分均衡することで、さんご礁の利用者と保護事業者の社会的厚生が最大となる必要がある。しかし、さんご礁の保護事業実施者が私企業や利益を追求する個人である以上、社会的厚生が最大となっても、コスト負担者が実益を受けない場合、成立しないことが考えられる。

赤土流出の原因はサトウキビを刈り取った後の田畑への雨滴侵食が主要因であり、さとうきび農家の協力が必要であるが、農家に負担がかかれば農家は赤土流出抑制を実施しないだろう。そこで、赤土流出抑制手段として現在注目を集めている手法として営農対策がある<sup>1)</sup>。営農対策のひとつであるかぼちゃ間作栽培はさとうきび畑をさとうきびとかぼちゃの間作栽培に変更して植生被覆を行うことで、雨滴侵食を抑制できる<sup>1)</sup>。この対策が注目を集めている理由は他の対策と異なり、野菜の販売による収入の増加が農家へのインセンティブとして働く点である。ただし、赤土流出抑制を実現し、さんご礁保護という目的を達成するためには、営農対策に対する地域へのインパクトやサトウキビ農家、更には石垣市の市民や社会の反応を評価するシステムの構築が必要となる。

\*キーワード:

環境計画, プロジェクト構想, 地域計画, ロジックモデル

\*\*学生員, 学士, 高知工科大学大学院基盤工学専攻

(TEL:0887-57-2232,

E-mail:135102k@gs.kochi-tech.ac.jp)

\*\*\*非会員, 修士(工学), トーヨーカネツ株式会社

\*\*\*\*正員, 博士(工学), 高知工科大学マネジメント学部

(TEL:0887-57-2232,

E-mail:nasu.seigo@kochi-tech.ac.jp)

本研究では、石垣島のサンゴ保護を目的とした赤土流出抑制手段として、農家の営農対策による地域環境経営システムの提案を行う。また農家への支援策や基金・補助金等の補助システムについての提案を行う。更に実現に向けたシナリオの設計についても同様に行う。

### 2. 石垣島地域環境経営システムの設計

本章では、石垣島の地域環境経営システムの設計を行う。石垣島地域環境経営システムとは、さんご礁を保護するために、複数の赤土流出抑制対策を組み合わせて、目標サンゴ保護率を持続して達成する体系である。

#### (1) 地域環境経営システムの必要性

石垣島では、赤土流出対策として、土木対策と、営農対策が実施されている<sup>2)</sup>。しかし、土木対策は、1970年代初めより実施された大規模な土地改良事業が、結果的に最大の赤土流出発生原因となり、農家の行政に対する不信感の一因となっている。更に石垣市は財政に余裕がなく、公共事業である土木対策に必要な資金を投入できない。以上のことから土木対策は進んでいない。

一方、営農対策では、対策にかかるコストや労力、時間により、農家に負担を強いる一方、負担に見合うメリットを受けるケースが少なかった。このことから、農家の経営・農業の将来に対する「不安感」を増幅させ、営農対策への協力が得られず、営農対策も進んでいない。

これらの諸問題を解決し、赤土流出抑制対策の目標を達成するためには、さんご礁の環境資源としての価値と、さんご礁保護に必要なコストを関数化し、両者の価値の部分均衡により利用者と保護事業実施者の社会的厚生が最大となり、かつ持続的に社会的厚生を最大を保ち続ける地域環境経営が成立する関係の導出が必要である。

そこで、営農対策に対する農家の実施意欲や、営農対策による直接のステークホルダーだけではなく、既存の地域社会の全体構造の把握し、環境、経済、市民生活などの各現象をモデル化し、地域へのインパクトとサトウキビ農家、更には石垣市の市民や社会の反応を評価するシステムの構築が必要となる。

## (2) 石垣島地域環境経営システム

石垣島の環境経営システムの概念図を図1に示す。

営農対策の一つである「かぼちゃ間作」は、赤土流出抑制の効果があり、更にかぼちゃによる収入の増加が見込めることから、さんご保護対策によって農家に実益を与えることが可能である。

本研究では、営農対策をかぼちゃ間作に限定し、かぼちゃ間作の実施率から赤土流出抑制率を算出する。更に、かぼちゃ間作を実施する事で、農家の損益が変動する。かぼちゃ間作の実施意欲および、農家の損益変動を農業経営分析システムとして、次章にて説明する。

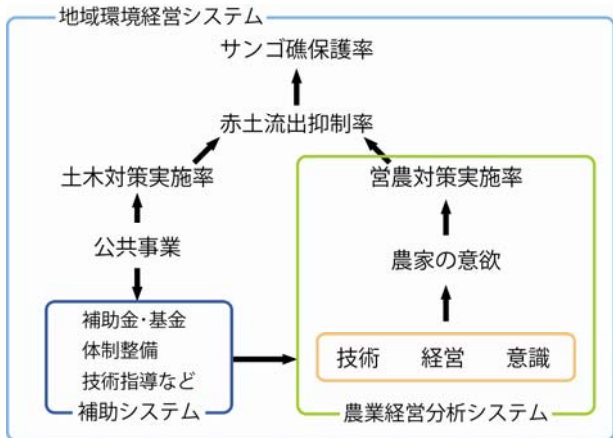


図-1 地域環境経営システム

## 3. 農業経営分析システムの構築

本章では農家の営農対策としてかぼちゃ間作を取り上げた際、農家のかぼちゃ間作実施意欲と、間作実施による農家の損益変動を評価する農業経営分析システムの構築について説明する。

### (1) 間作実施率の算出プロセス

間作実施率の算出プロセスを図2に示す。

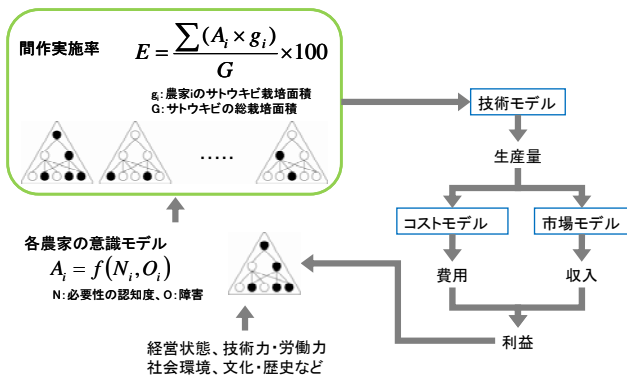


図-2 収益による間作実施率の算出プロセス

各々の農家は、まず自身の持つロジックモデル(以下農家の意識モデル)に応じて間作実施の可否を決定する。全ての農家によって間作実施の可否が決定すれば、石垣市全サトウキビ農家における面積あたりの間作実施率が算出さ

れる。間作を実施した農家は、自らの技術力に応じて自身の農家におけるかぼちゃの生産量が決定する。生産量が市場モデルを通じて収入となり、それを間作栽培の際にかかったコストを差し引いた金額が収益となる。その収益PがP>0であるとき、農家はかぼちゃ間作を実施するかどうかを改めて検討する。詳しい説明は次章で行うが、最終的にかぼちゃの市場価格が均衡した際の間作実施率が現在の石垣島のさとうきび農家の意識モデルに基づく間作実施率の試算結果である。

次に目標間作実施率の算出方法について図3に示す。赤土の流出量によるさんご礁への影響より、目標の赤土流出抑制量が算出され、その結果より間作栽培によって抑制可能な赤土砂流出量が算出されることで、目標となる間作実施率が決定する。

そして、間作実施率を間作栽培による収益計算を用いて、均衡させた上で、間作実施率と目標間作実施率を比較する。もし、目標間作実施率が達成されていないければ、補助金・基金、技術指導などの補助システムによる農家への働きかけで、間作実施率を向上させる。

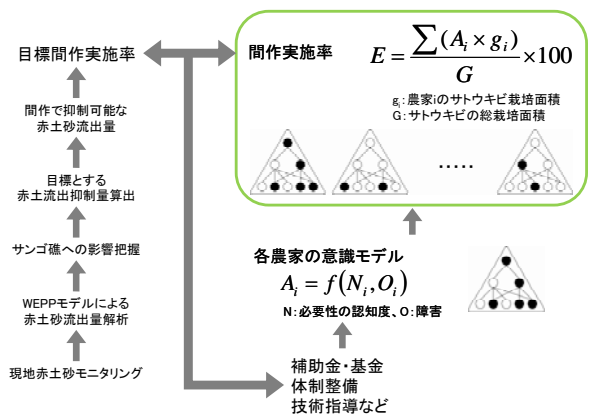


図-3 目標赤土流出抑制率による間作実施率算出プロセス

### (2) 市場モデルの構築

農家のかぼちゃ栽培をはじめとした間作による営農対策は、作物を生産して収入を得ることで、対策にかかる費用の元を取り、かつ利益により農家の生活水準が向上することが強みである。しかし、それには間作によって栽培した作物が出荷した分必ず「売れる」という前提条件が成立しなければいけない。本研究では、農家の間作収入は、市場価格と直結していると仮定し、間作作物のうちのかぼちゃの市場価格曲線を表1に表した。まず四季の東京市場における沖縄県産かぼちゃの価格を調査した。しかし沖縄県産のかぼちゃは生産量が少なく、また気候の違いから出荷季節をずらせるので高い価格で取引されている。一方で、石垣島の農家がかぼちゃ間作を実施すると、現在の沖縄県産かぼちゃよりも出荷量が多くなり、市場価格が下落するが、現在の沖縄県ではかぼちゃの出荷量が少ないので、価格の推定ができない。そこで、出荷量が多くなると東京市

場全体のかぼちゃ価格に近づく仮定し、東京市場全体のかぼちゃ価格を調査した。そして調査した値により重回帰分析を行った結果、表1のグラフと式1を導出した。

$$P = 704.9 + (-419) \times \ln(Q) + 118.1 \times T_1 + 140.4 \times T_2 + 9.3 \times T_3 \quad (1)$$

P : かぼちゃの市場価格

Q : かぼちゃ出荷量

T : 季節ダミー(添え字1:1~3月, 2:4~6月, 3:7~9月)

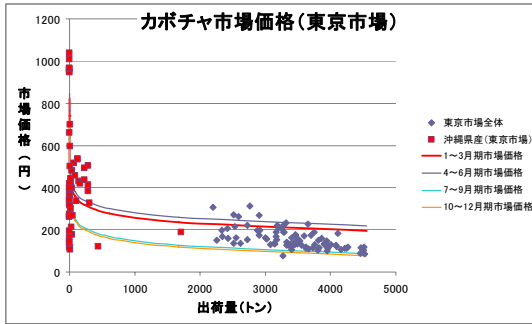


表-1 市場モデル構築

### (3) 農家の意識モデル構築

本節では農家の意識モデル構築について述べる。意識モデルの構築手段として問題の構造化手法を用いる。問題の構造化手法は図4に示した。問題の構造化手法は、ある事象における問題を列挙し、階層立てて考察することで、問題の論理的な相関を導く手法である。この手法はそもそも主体ではなく、社会における諸問題に対して最終成果(アウトカム)の達成をどのようにして行うかを明示するロジックモデルの構築手法であるが<sup>3)</sup>、主体の意識モデルにおいても同様の手法を用いており<sup>4)</sup>、本研究でもこの手法を用いる。

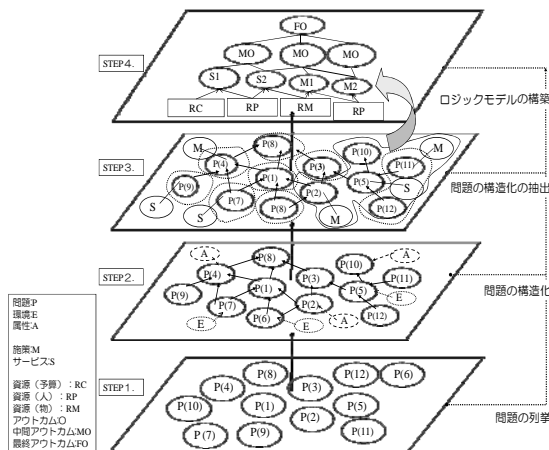


図-3 問題の構造化によるロジックモデルの構築

問題を列挙するために石垣島のサトウキビ農家 11 件にヒアリング調査を行った。ヒアリング内容は赤土流出問題に関することと、それを防ぐ際に農家に負担してもらう営農対策および、土壌対策等公共への要求等である。ヒアリング結果 11 件を整理・統合したものが、図 4 である。図 4 の結合部分(ノード)はいずれも論理的であり、赤で囲んで

ある箇所が間作に対する意識である。これを元に図 5 の農家の意識モデルを構築した。

意識モデルは、論理的に要素を階層立ててつなぎ合わせることで、最終的な間作実施の成否を導き出す。階層で上の位置にある要素を上位要素、下の位置にある要素を下位要素とする。上位要素は下位要素から導き出されるが、下位要素が複数ある場合、それぞれの下位要素で上位要素との結びつきの強さが異なる。また最下位の要素は個々の主体が持つ属性や主体周囲の環境によって説明される。よってそれぞれの要素を関数化することで、下位要素と上位要素の相関と、最下位要素と属性の相関を明らかにするために、石垣島のサトウキビ農家に意識モデルの各要素に適用した質問項目を設けたアンケート調査を実施する。アンケート調査は 2008 年 12 月に実施したが、有効回答数が母集団約 1200 件に対して 31 件と統計的に有意とはいえないため、2009 年 8 月より再実施する。意識モデルの関数化は図 6、式 (2)、式 (3)、式 (4)、式 (5)、式 (6)、式 (7) に従う。

2008 年 12 月のアンケート調査を基に算出したかぼちゃ間作の実施意欲式を式 (8)、そしてアンケートにおける間作実施意欲と式 (8) における関係図を表 2 として示す。

表 2 は、式 (8) で算出した値が同じ農家のうち、何割がアンケートで実際に間作を実施したいと回答しているかを見ている。発表時は 2009 年 8 月に実施予定のアンケート調査を用いて、間作実施意欲を算出する。

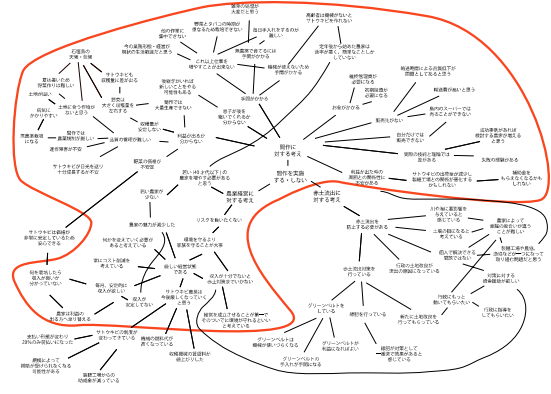


図-4 農家意識の構造化最終形

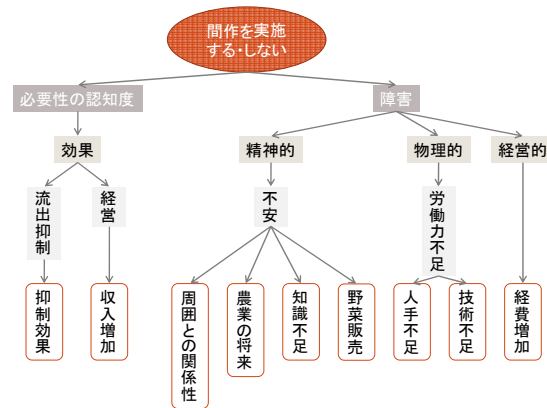


図-5 間作実施に関する判断の意識モデル

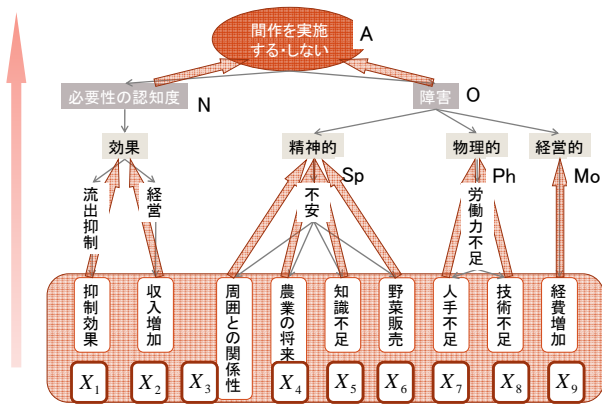


図-6 各階層での指標の設定

$$A = \beta_{12} \times N + \beta_{13} \times O + C_A \quad (2)$$

$$N = \beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + C_N \quad (3)$$

$$O = \beta_9 \times Sp + \beta_{10} \times Ph + \beta_{11} \times X_9 + C_O \quad (4)$$

$$Sp = \sum_{n=3}^6 \beta_n X_n + C_{Sp} \quad (5)$$

$$Ph = \beta_7 \times X_7 + \beta_8 \times X_8 + C_{Ph} \quad (6)$$

$$X_i = \alpha \times (At) + C_{X_i} \quad (7)$$

$$A = -0.26 \times N + 0.21 \times O + 0.97 \quad (8)$$

(重決定変数R2:0.65)

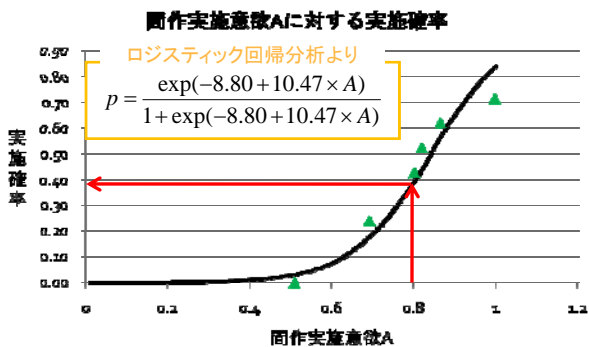


表-2 間作実施意欲に対する実施確率

表2の算出結果によれば、間作意欲Aが0.8あれば、間作実施を実際に行ってくれる確率は約0.4となる。一方で式(8)において、実施に関する必要性の認知度がマイナスになっている。これは必要性を高く感じれば感じるほど実施意欲が減少するという結果を招くことを示しているが、論理的に矛盾している。この原因がデータ数の不足にあると仮定して、アンケートを再実施する。

#### 4. 間作実施率の導出

構築した地域環境経営システムより、間作実施率の算出を行う。本章では、間作栽培をかぼちゃ間作にのみ限定して実施率を算出する。

##### (1) 間作実施率の算出方法

間作実施率の導出過程を図7に示した。各農家は自らの

意識モデルに基づき、間作実施に関する意識を算出する。その意識の値に基づいて実際に間作を実施するかをロジスティック曲線によって決定する。ロジスティック曲線は、意識モデルによって算出した間作実施意欲を横軸にとり、同じ意欲数値を持つ集合において、アンケート回答値で実際に「間作を実施したい」と回答した割合を縦軸として、双方を回帰分析した結果である。関数に関しては、アンケート実施後に算出する。

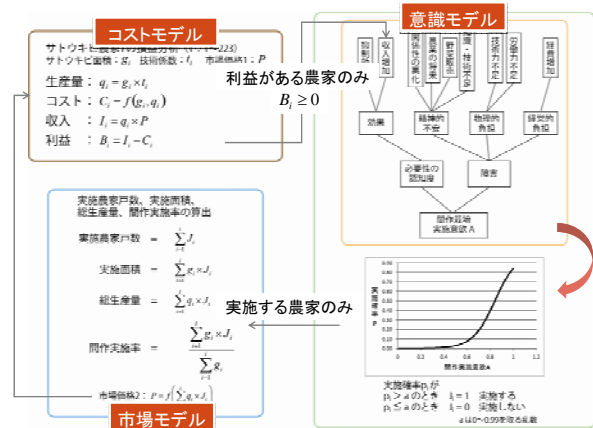


図-7 間作実施率の導出過程

農家の間作実施の成否に基づいて、前章で述べた間作実施率技術モデルに基づいたかぼちゃ生産量を市場モデルに投入する。生産量と市場価格により、農家はそれぞれ収入を得る。また、各農家の生産量を先行研究である澤田<sup>5)</sup>のコストモデルに投入し、農家の間作栽培における費用が算出される。そして農家自身の収支が0以上であれば、間作実施を検討し、0より低ければ、農家は間作実施の検討をせず、実施を取りやめる。かぼちゃの市場価格は生産量投入後に出荷量に応じた価格に変動しており、かぼちゃ生産量投入前の市場価格とかぼちゃ生産量投入後の市場価格が均衡した点が、すべての間作実施農家が経営成立している状態であり、間作が成立する農家戸数、実施面積、かぼちゃ生産量の予測値である。以下、2008年12月のアンケートデータを基に出力した予測の算出結果を図8に表す。

##### (2) 補助システムの提案

目標とする間作実施率を達成するためには、さとうきび農家へ外部からの働きかけが必要となる。本節では、農家の意識モデルにおける最下層の要素に働きかける補助システムの提案を行う。

図8は、農業経営分析システムにおける農家の意識モデルへの補助システムの提案である。

補助システムにより、意識モデルの最下層の要素に働きかけることで、上位の要素の値が変化し、最終的に間作実施の判断が変化する。具体的に補助金を導入した場合の間作実施率を発表の際に説明する。



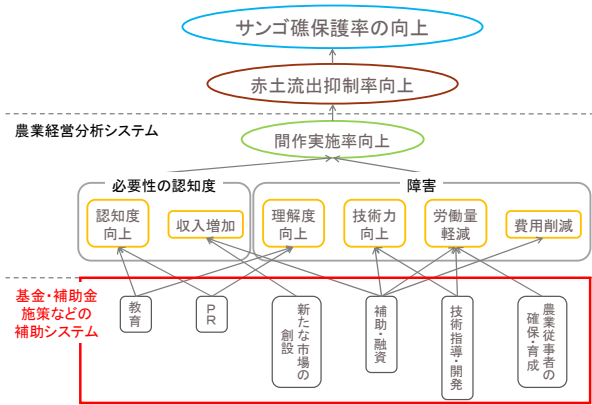


図-8 農業経営分析システムへの補助システムの提案

## 5. 実現に向けたシナリオの設計

本章では、実現に向けたシナリオの設計を行う。農家への働きかけを行う存在、栽培野菜を農家から買い取る業者、補助システムの資金源、基金運営団体等の石垣島地域環境経営システムを運営する上で必要な役割およびルールを設計する。

### (1) シナリオとは

シナリオとは、地域環境経営システム実現の際、誰がどの役割を担うのかを明示化と配役、そして運営の際に必要なルールなどを指す。PDCAサイクルで言えば、PlanとDoを結ぶ部分に当たる。次節より、具体的にシナリオ設計に組み込む「役割」と、システムルールの設計について述べる。

### (2) シナリオにおける役割

地域環境経営システムがうまく機能するためには、各々の役割にその役割の目的やタスク、必要性を理解した上で、周囲からその役割に就いていることを納得されることが条件として必要である。石垣島赤土流出抑制環境経営システムを運営する際に必要な役割とその業務について、表3に示した。それぞれの役割は、一時的なものからシステムが運営し続ける限り必要なものもある。これらにおいて、先に書いた条件を満たす存在を、既存の島内利害関係者から導出する必要がある。よって既存の島内における利害関係者の調査と、利害関係者に対して赤土流出抑制環境経営システムへの参画意思を確認した上で、最適な配役を行う。

役割	内容
先行実施農家	間作の先行実施
基金運営団体	基金団体の設立・運営
農家への補助を行う団体	技術指導、損失補填etc
補助団体の構成員	農家への技術指導や経理
野菜を農家から買い取る業者	野菜の一括配送、市場投入等
「空の駅」運営者	※販売所の運営団体

表-3 地域環境経営システムシナリオにおける役割・内容

## (3) 実現へ向けたシステムルールの設計必要性

システムルールとは、役割を担うものがシステム運営上で意図に沿わない行動をしないようにあらかじめ策定しておく規則、規約である。役割を担う存在が変遷していてもシステムが持続的に運営し続ける必要があるため、ルール設計による拘束はシステム運営上必須となる。一方で、システムを取り巻く環境は、絶えず変化し続けるので、現代の日本やその他国家社会のように、「人が便利に生活するため」に構築したはずの法律が国民生活の弊害となる状況を打開する手段もルールとして明文化化が必要がある。ルールの設計に関しては、地域環境経営システムの構築とのシステム上の配役を終えた後、詳細な設計を行う。

## 6. 石垣空港島野菜販売所「空の駅」構想

本章では石垣空港島野菜販売所「空の駅」構想における現在までの研究成果の概要および、今後予定している社会実験について述べる。

### (1) 石垣空港島野菜販売所「空の駅」構想について

「空の駅」構想とは、石垣空港で島野菜を販売し、売り上げの一部、もしくは利益をさんご礁保護基金として用いることを目的とした販売所運営である<sup>6)</sup>。「空の駅」構想は、石垣島地域環境経営システムにおける補助システムの1つである。またさんご礁保護は、土木の対策の実施だけでなく、かぼちゃ間作実施農家に損失が出た際の補填として用いることも検討する。

### (2) 先行研究結果の概要

「空の駅」構想の実現に向けて、先行研究<sup>6)</sup>では、石垣空港利用者に対して、アンケートを実施し、そこから購買意欲および、購買金額を算出した。算出結果を図9に表す。また島野菜を購入すると答えた回答者の購入したい島野菜についてのグラフを表4に表した。

アンケート結果より、購入支払い意思総額の平均額を算出

平均客単価 **1,088円**

アンケート結果からの購買行動モデル式より購入者数の算出

島野菜購入者数 **265,450人**

売上高=島野菜の購入者数×平均客単価

$265,450 \times 1,088 = 288,809,209円$

島野菜販売所「空の駅」の年間予想売上高: **2億8,880万円**

図-9 「空の駅」における年間予想売上高

平均客単価の金額は1,088円であるがアンケートを実施したのが年末であり、観光客が多い時期ではなかったため、

本来の客単価は算出結果より高い可能性がある。

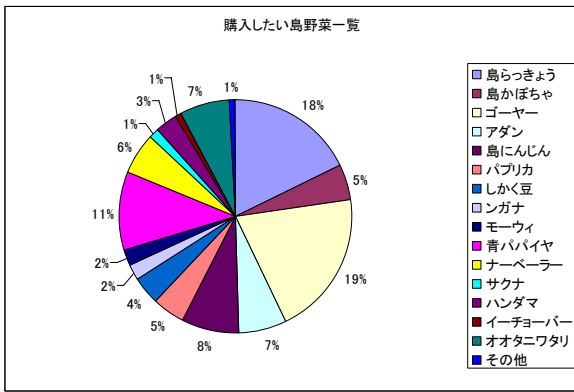


表4 アンケート結果による購入したい島野菜一覧

購入したい島野菜では、沖縄野菜の代名詞でいま全国区でもあるゴーヤと島らっきょうの人気の高い。また島かぼちゃの人気の高く、間作かぼちゃの販売ルートとしての可能性が考えられる。

### (3) 社会実験の実施

「空の駅」構想は、今後社会実験を実施する。社会実験の実施に向けた構想の全体像を図10に示す。今後、全体像の精査および改善と、具体的に経営規定の作成や社会実験実施用地の選定、販売野菜供給先の募集・選定等を行う。

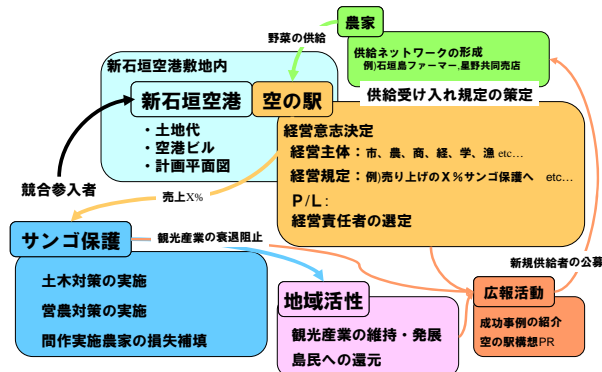


図-10 「空の駅」構想の全体像

## 7. まとめ・今後の課題

本論文では石垣島における赤土流出抑制に向けた地域環境経営システムおよび補助システムの提案、また間作実行率とそれによる赤土流出抑制率の算出方法、そして実現に向けたシナリオの設計および必要性、そして島野菜販売所「空の駅」構想と社会実験について述べた。算出結果については発表の際に公表する。

本研究における今後の課題はモデルの精度向上、シナリオ設計、システム構造再構築の検討の3点である。

まず一つ目の課題は、地域環境経営システム内に存在する諸モデルの精度である。個々のモデルはそれぞれ精度に問題があり、このデータやモデルでは、実現に向けた説得力が不足していると考える。今後、個々のモデル精度の向

上のために、モデルの元データの収集および、モデルの再構築を行う。

次に地域環境経営システム実現に向けたシナリオの設計である。地域環境経営システムを実現させる上で、システム上の役割を誰が担うのか、そしてシステムの実現・運営に向けてシステムルールの構築やタイムスケジュールなどを含んだシナリオの設計を今後現地の利害関係者にヒアリングを実施することで実施する。

システム構造について、島野菜販売所を導入した地域環境経営システムについて図11に示す。これは間作野菜の一部を島野菜販売所で販売し、その収支を補助システムとして土木対策あるいは農家の間作栽培における補助金として活用する概要を示したものである。一方このシステムでは間作野菜が島野菜販売所で売ることが前提であるが地域環境経営システムと島野菜販売所システムを安易に結びつけることは難しい。今後、理想的なシステム構造をシステム運営シナリオやシステムルールを意識した上で再検討・構築していく。

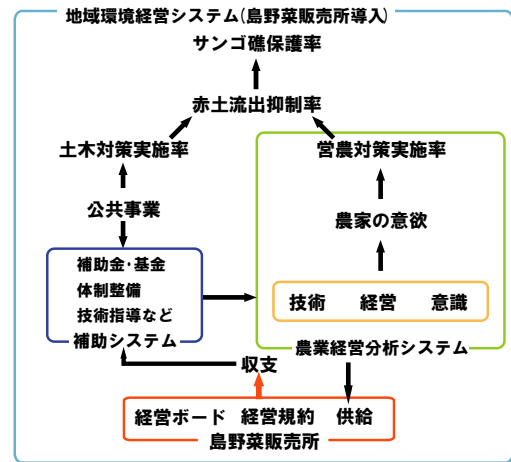


図-11 島野菜販売所を導入した地域環境経営システム参考文献

- 1) 松下潤他：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，2007
- 2) 沖縄県：石垣島赤土等流出防止農地対策マスタープラン，2008
- 3) 刈谷剛・中川善典・那須清吾：政策・施策の立案に関する方法論と行政経営システムの構築，社会技術研究論文集 Vol.1.5, 68-77, 2008
- 4) 河原崎裕太・森田絵里・竹崎繭・中川善典，中川貴文・斉藤大樹・那須清吾：耐震補強普及政策立案のための市民意識の構造化，日本建築学会全国大会，2008
- 5) 澤田美弥・平岡龍馬・馬淵泰・那須清吾：石垣島の赤土流出抑制に向けた地域環境経営モデルの構築，2008
- 6) 江東雅人・那須清吾：石垣空港島野菜販売所「空の駅」構想の検討，2009