

流域環境経営分析モデルの構築
(沖縄県石垣市サトウキビ栽培の赤土砂流出抑制対策への適用)
Watershed Administration System for Red Soil Protection in Ishigaki Island, Okinawa

馬淵 泰*・那須清吾*
Yasushi MABUCHI, Seigo NASU

ABSTRACT: The objective of this research study is to develop the Watershed Administration System to evaluate the effectiveness of red soil protection project by farm management in Ishigaki Island, Okinawa. The concept of the watershed administration system is based on the relationship between cost and income analysis.

The developed system has taken in to account the farmer willingness and estimated the feasibility of intercropping method and outcomes of some criteria for the outflow of red soil from the catchments to the sea. The proposed system will be useful for watershed and social management.

Key Words : Red soil protection, Watershed administration system, Income-Expence analysis

1. 背景

1.1 石垣島のサトウキビ間作を主体とした赤土砂流出対策

石垣島は日本の西端に位置する面積約223km²、人口約43,000人の農業や観光を主体とした地域である。石垣島ではサトウキビ栽培による赤土砂流出問題が顕著化しており、その対策が早急に必要となっている。これまで、赤土砂流出対策には、農地の勾配修正、グリーンベルト、暗渠排水、沈砂池、浸透池などのハード対策やサトウキビ面を植生で被覆するソフト対策が行われてきた。しかし、これらの手法は、コストがかかる、農家の理解が得られないなどさまざまな問題を抱えており、効果的な解決策の提示が課題となっている。そこで近年、サトウキビ畑の畝間にカボチャなどの野菜を栽培し、サトウキビだけでなく野菜を販売することによる収益増をインセンティブとしたソフト対策が注目を集めている。一般に、サトウキビ面からの赤土流出は、サトウキビの畝面が雨滴により侵食し、畝間を伝って道路面へと流出している。そこで、この畝面をできるだけ植生で被覆することで、上記の赤土流出の原因となっている雨滴侵食を抑制できる利点がある。しかし、これらソフト対策を効果的に行うためには農家の協力が不可欠であり、農家経営の視点から実現できる対策でなければならない。このためには、野菜間作にかかる収支構造を分析し、黒字経営が可能な間作規模の選定が必要である。

1.2 流域経営システム構築の必要性

地域振興や発展のために行われる事業などが長続きせず、赤字経営となっている事業が多く見受けられる。これは各事業者が互いに連携せず独自の地域づくりを行っていることが主な原因と考えられ、地方自治体の調整不足が問題となっている。一方で、住民においては意識の高まりから始まる自己実現の欲求、NPOなどのコミュニティ活動が活発化してきている。

特に将来は団塊の世代が退職し、会社から地域を含む流域単位での活動へ移行していく中で、流域として生き残りをかけた自立的な活動が求められており、バラバラでない全体を考えた流域づくりが必要である。このためには個々の参加主体が流域全体の利益をいかに最大化するかを考え、その中で、個々の活動の役割、参加主体間の持続性の関係を構築する流域経営システムという、新しい枠組みが必要となる。

*高知工科大学 社会マネジメント研究所 Center of Excellence for Social Management Systems,
Kochi University of Technology, Tosayamada-cho, Kami, Kochi, JAPAN, 782-8502

1.3 研究目的

本論では、「環境」「農業」「地域活性化」の観点から、赤土砂流出を抑制しつつ、持続的な農業経営を経済的に分析する流域環境経営分析モデルを提案することを大目標として、赤土砂対策が、農家経営の視点から、どの手法が最も適しているかを経営モデルを通して判断する施策判断ツールを構築する。具体的には、経営農家が間作シナリオに沿って農法を変更する際、収益が得られる間作面積・戸数を抽出するとともに、赤土流出対策の防止目標が定められたときに、実施可能な農家の規模と戸数を選定する。

2. 石垣島流域環境経営分析モデル

2.1 石垣島流域環境経営分析モデルの全体像

図1に、石垣島流域環境経営モデルの全体像を示す。石垣島流域環境経営モデルの目標は、現在深刻化している赤土砂流出防止であり、その効果指標としては赤土の流出防止率である。この赤土流出防止は、公共事業により沈砂地設置などハード、ソフト両面の事業による対策があげられ、農家レベルではサトウキビ間作による対策が挙げられる。よって、赤土砂流出防止率は、公共事業の達成度とサトウキビ間作の間作率の2つの関数により表現できる。公共事業の達成度は自治体レベルでの議論であるから、本論ではサトウキビ間作による間作率を対象とする。農家がサトウキビ間作を行うにあたっては、はじめに農業経営的に成立できるか（経営分析）、営農者本人に実施する意思があるのか（意識分析）、営農者の間作に対する技術の程度（技術分析）により、間作実施の可否が決まりそれが間作率に影響を及ぼす。経営分析は、サトウキビ市場と野菜市場の動向と密接な関連があり、この市場の動向によって農家の収益が変化し、農家の協力度が異なってくる。以上から、この間作率を上げるためには農家の経営を安定させる必要があるとともに、新規事業などのように当該野菜の需要を促進させることによって野菜の市場価格を上昇させることが必要である。

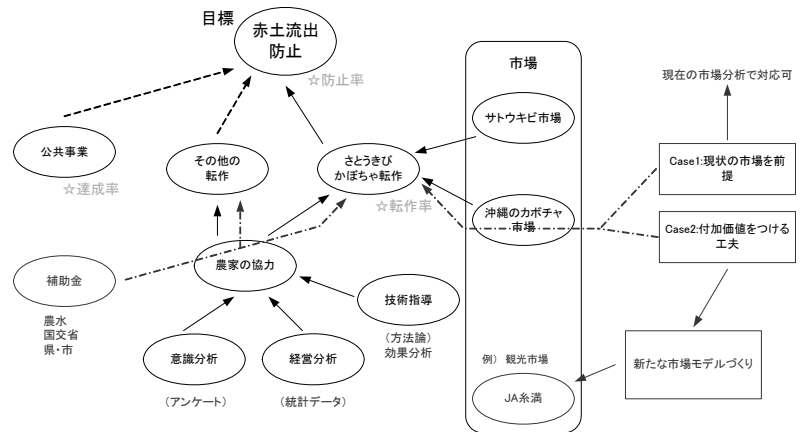


図1 石垣島流域環境経営モデルの全体像

図1に、石垣島流域環境経営モデルの全体像を示す。石垣島流域環境経営モデルの目標は、現在深刻化している赤土砂流出防止であり、その効果指標としては赤土の流出防止率である。この赤土流出防止は、公共事業により沈砂地設置などハード、ソフト両面の事業による対策があげられ、農家レベルではサトウキビ間作による対策が挙げられる。よって、赤土砂流出防止率は、公共事業の達成度とサトウキビ間作の間作率の2つの関数により表現できる。公共事業の達成度は自治体レベルでの議論であるから、本論ではサトウキビ間作による間作率を対象とする。農家がサトウキビ間作を行うにあたっては、はじめに農業経営的に成立できるか（経営分析）、営農者本人に実施する意思があるのか（意識分析）、営農者の間作に対する技術の程度（技術分析）により、間作実施の可否が決まりそれが間作率に影響を及ぼす。経営分析は、サトウキビ市場と野菜市場の動向と密接な関連があり、この市場の動向によって農家の収益が変化し、農家の協力度が異なってくる。以上から、この間作率を上げるためには農家の経営を安定させる必要があるとともに、新規事業などのように当該野菜の需要を促進させることによって野菜の市場価格を上昇させることが必要である。

2.2 流域環境経営分析モデルの検討手順

図2に流域環境経営モデルの検討手順を示す。流域環境経営モデルは、はじめに、現在のサトウキビ（夏植え）から畝間間作する野菜とその農法を選定する。次に、間作に当たっての農家の意識と技術力をアンケート調査などから関数化する。また、野菜の市場における卸売り情報から当該野菜の需要曲線を導出する。間作実施面積に対して、意識、技術関数、需要曲線を組み合わせることによって、間作実施による総コストと総収入の関係が得られ、その関係を

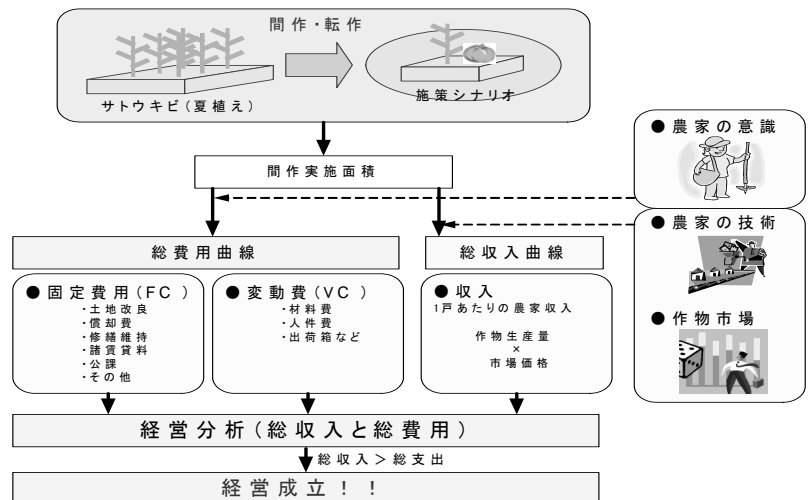


図2 流域環境経営モデルの検討手順

調査することでサトウキビ間作の経営的な視点からの実現可能性について分析を行う。

2.3 経営分析のコンセプト

経営分析のコンセプトは、マーケットメカニズムの費用と収入の関係分析によりおこなう（図3参照）。この場合、総収入より総費用の額が大きい場合は経営不成立とし、逆に額が大きい場合は経営が成立する簡単なモデルである。なお、総収入が総費用と均衡しない場合は、補助金などを投入して均衡させる方法も考えられる。

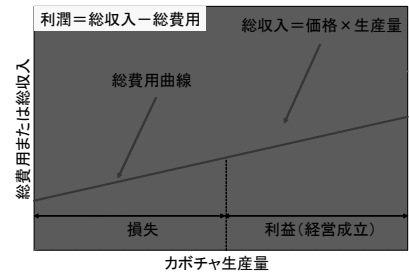


図3 経営分析のコンセプト

3. カボチャ間作による農家経営分析モデルの構築

経営における資源とは、①資金、②人材、③物理的資源などが考えられ、これらを効果的に組み合わせて創造されるのが環境効果である。カボチャ間作による環境保全効果は、カボチャ間作の実施（資金）、カボチャ間作にかかる諸作業（人材）、赤土流出抑制による環境保全効果（物理的資源）の組み合わせにより効用を発揮するものである。よって、赤土砂流出抑制を目的としたカボチャ間作は経営として成立する。本論では、赤土砂流出を抑制するシナリオとして、サトウキビ（夏植え）をサトウキビ（夏植え）とカボチャの間作を選定した（図4参照）。

このシナリオの場合、カボチャはサトウキビの畝間に栽培するため、基本的にはサトウキビの収穫を阻害せず、サトウキビの収入（B円）を保ったまま、カボチャは栽培した分だけ新たに収入（B'円）が得られることになる。よって、サトウキビ（夏植え）+カボチャ間作を実施した場合の経営分析は、カボチャを栽培した面積部分の経営分析を行うのみにより間作の適否が判断できる。

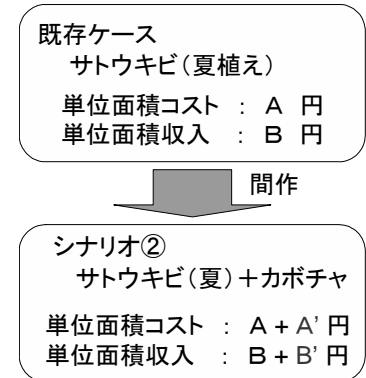


図4 検討シナリオ
(サトウキビ夏+カボチャ間作)

3.1 カボチャ間作による農家経営分析モデルの分析手順

カボチャ間作による農家経営分析手順は、以下に示す4段階により行う。1)石垣市の統計資料である「統計いしがき」から農家の面積規模クラス別の戸数データを取得し、各クラスごとに技術係数と間作実施率を設定する。2)クラス毎にカボチャ生産にかかる固定費・変動費からカボチャ生産コストを、初期に設定するカボチャ市場価格からカボチャ収入量を算出する。3)クラス毎にカボチャの生産コストと収入を比較して収入がコストを上回る場合間作を実施する。また、下回る場合は間作を取りやめるとし、この作業をクラス毎に実施して実際生産されるカボチャ量を推定する。4)実際生産されたカボチャ量からそれに対応した市場価格を算出し、初期に設定したカボチャ市場価格と実際生産された市場価格とが均衡するまで繰り返し計算を実施する。この均衡点が石垣島の農家経営が成立する間作面積と農家戸数、カボチャ生産量の予測値である。なお、カボチャ間作の農家経営分析は、現状生産されているカボチャ量から、新たに間作により生産されるカボチャ量を足すことによって市場価格が決まるものとし、カボチャの生産は間作以外からは発生しないものとする。この場合のカボチャ生産量の初期値は、平成16年度の沖縄県中央市場に入荷されたカボチャ量364t（市場価格：190.752円）とした。

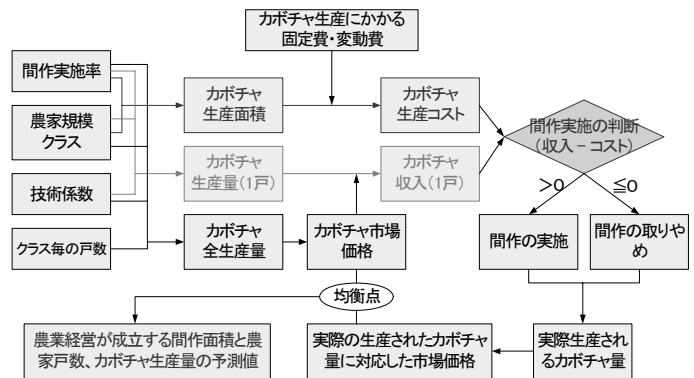


図5 カボチャ間作による農家経営分析手順

3.2 意識分析手法

農家の間作に対する意識分析のコンセプトは、現在の農家の技術力における収益の最大値が得られた場合、100%の人が間作を実施すると仮定して、最大収益と実際得られる収益との比として意識度を表現する。

図6に意識分析の設定手順を示す。はじめに、農家の規模クラスと技術係数から予想収入と予想コストを算出し予想収益 (Pr) を算出する。次に、予想収益 (Pr) と農家規模クラス毎、技術係数に対応した最大収益 (Pmax) との比をとることで、農家規模クラス毎、技術係数に対応した農家の一戸あたりの間作実施率を算定する。

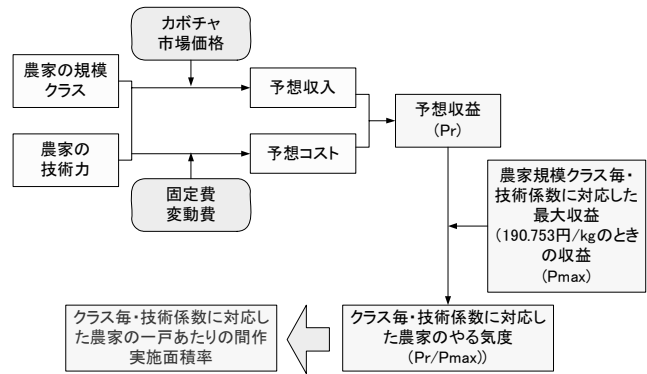


図6 意識分析の設定手順

3.3 技術係数

一般に、カボチャの生産量は、栽培農家がカボチャの特性や栽培する際に適用する農法、所有している栽培道具などによって大きな差が生じる。実際にカボチャ生産を行っている農家や自治体が公表している資料などによると、カボチャの生産量は0.6t/10a～1.4t/10aまで差が生じており、この原因としては上記のことが予想される。よって、農家の収支に影響を及ぼす因子として、農家の持っている技術力を加える必要がある。技術係数は、一戸あたりの農家のカボチャを生産するにあたっての単位面積あたりの生産量と位置づける。本論では、石垣島で営農している農家の技術力の分布を表1のとおり仮定した。

表1 技術係数の設定

単位面積当たりの収量 (t/10a)	割合
0.6	0.2
0.8	0.2
1	0.2
1.2	0.2
1.4	0.2

3.4 経営耕地面積規模別の農家戸数

表2に石垣市の経営耕地面積規模別の農家戸数（平成16年度）を示す。戸数が多い面積規模クラスは0.5ha～1.0haで232戸、2.0ha～3.0haで224戸となっている。

表2 経営耕地面積規模別の農家戸数

	面積規模 (ha)													
	合計	0.3	0.3～0.5	0.5～1.0	1.0～1.5	1.5～2.0	2.0～3.0	3.0～5.0	5.0～10.0	10.0～20.0	20.0～30.0	30.0～50.0	50.0～100.0	100.0ha～
石垣市	1,284	17	80	232	175	143	224	213	164	27	6		3	

1ha未満の経営耕地面積の農家戸数は329戸と全体の全体の約26%を占めている一方、10ha以上の大規模農家は34戸と全体の3%を占めている。

4. カボチャ間作による農家経営分析

4.1 総費用曲線の導出

総費用曲線の導出に当たっては、実際にカボチャ間作に取り組んでおられる農業生産法人（有）石垣島ファーマーの入富西氏にヒアリングを行い、面積あたりの総費用曲線を導出した。固定費は、土地改良・水・農機具償却・車両維持及び燃料・修繕費・公課を、また変動費は苗・肥料・農薬・敷料・庸人・出荷箱を設定し、それぞれ単価を計算した。その結果、固定費は265,840円、変動費は16,447円/aと計算された。図7にカボチャ生産面積 (a) あたりの固定費と総費用の関係図を示す。本論における費用曲線は線形を呈しているが、実際には間作面積規模が大きくなると、生産量を増やしたときの総費用の増分は大きくなっていくため線形にはならない。

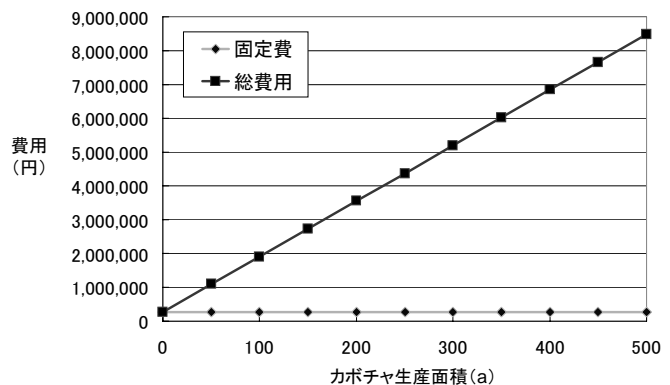


図7 カボチャ生産面積あたりの総費用

4.2 総収入曲線の導出

4.2.1 沖縄県におけるカボチャ市場の動向

総収入曲線の導出に先立ち、はじめに沖縄県におけるカボチャの市場の動向を調査し、カボチャ生産量と市場価格の関係を分析した。

平成16年度、沖縄県全体ではカボチャは2100t生産され、そのうち県内消費は275t(13%)、県外輸出が1522t(72%)となっており、県外出荷が非常に多い。これに対し、沖縄県中央卸売市場におけるカボチャ取り扱い状況を見てみると、平成16年度は1192t入荷しているが、そのうち県外産が397t(33%)、外国産が520t(50%)と外国産の取り扱いが多くなっている(図8参照)。

次に、沖縄県内産のカボチャの入荷量と単位量あたりの入荷価格の関係を調べてみると、入荷量が増加するにしたがって単位量あたりの入荷価格は逡減しておりその関係は線形ではない(図9参照)。その関係を指数で回帰してみると、式1が得られる。

$$y = 419776e^{-0.0022x} \dots (1)$$

ここで、y：単位量あたりの入荷価格(円/kg)

、x：入荷量(t)である。なお、図9中需要と供給の均衡点はカボチャ生産量433tであり、これ以上生産すると、社会的余剰が減少することを示している。

4.2.2 総収入曲線の導出

4.2.1で算出した沖縄県産かぼちやの需要曲線(式1)から、カボチャ生産面積あたりの総収入曲線を導出した。図10に技術係数ごとのカボチャ生産面積あたりの総収入曲線を示す。

4.3 カボチャ間作経営の可能性分析

カボチャ間作による経営可能性について、4.2.1と4.2.2で導出した間作面積あたりの総費用-総収入曲線により分析を行った。はじめに、沖縄県のカボチャ市場に流入することを考慮した上での1農家あたりのカボチャ生産における収益の大きさを技術力別に分析した(図11参照)。その結果、カボチャ収量が1.0t/10aのケースで総収入が総費用を上回っており、カボチャ経営を行う場合、単位収量が1.0t/10aが必要であることがわかる。個人経営を

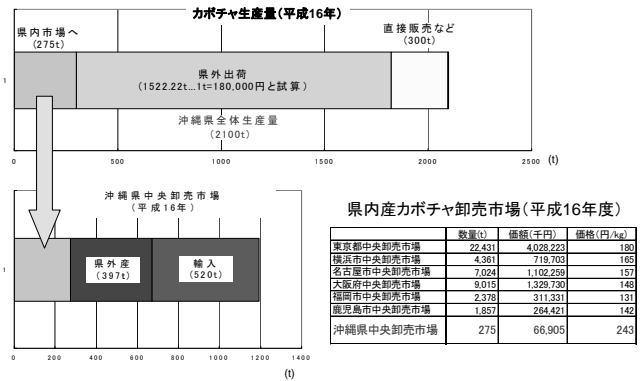


図8 沖縄県におけるカボチャ市場の動向

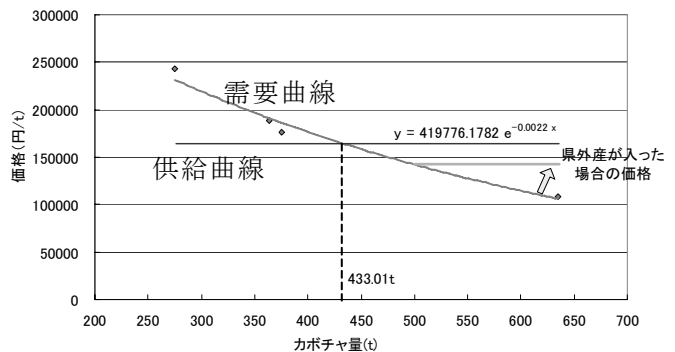


図9 沖縄県内産のカボチャ市場における需要と供給の関係

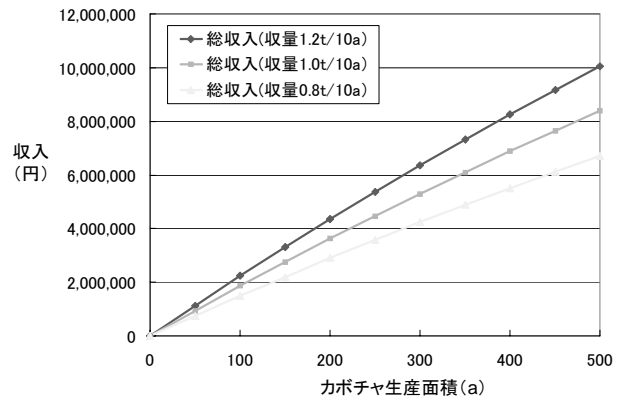


図10 カボチャの生産面積あたりの総収入

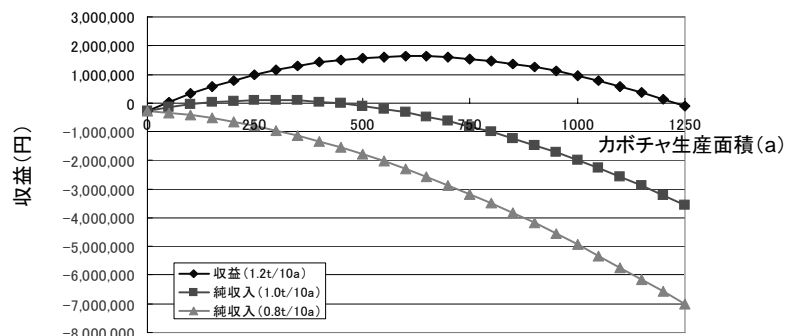


図11 1農家あたりのカボチャ生産における栽培面積別収益量

想定した場合、単位面積収量（1.2t/10a）の農家の操業点は、43a～1226a。単位面積収量（1.0t/10a）の農家の操業点は、133a～434a。単位面積収量（0.8t/10a）のケースの操業点はない。

次に、複数農家がカボチャ栽培を実施した場合における経営可能性について分析する。図12に、単位収量（1.2t/10a）の複数農家が同時に同面積カボチャ栽培した場合における一人当たりの収益量を示す。その結果、単位収量（1.2t/10a）の農家が同時に同量カボチャ生産を実施した場合における収益が出る農家戸数の最大値は7戸であり、7戸が90aカボチャ栽培した場合、一人当たりの収益53,000円得られる計算である。

なお、これらの分析は間作により生産されたカボチャが沖縄県中央卸売市場のみに流通すると仮定した場合における結果であり、今後は東京市場など広域市場を加えた検討をおこなう必要がある。

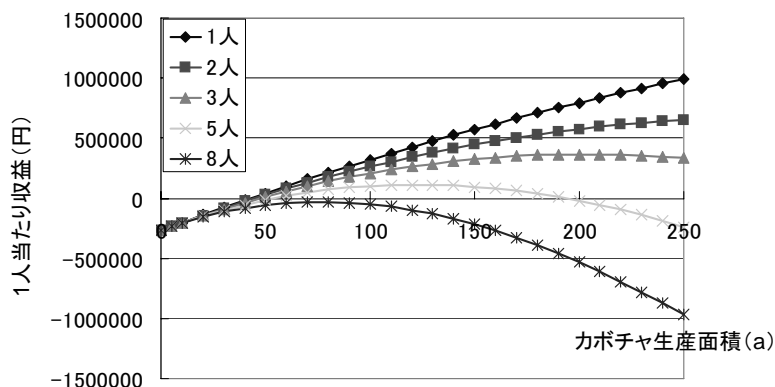


図12 単位収量（1.2t/10a）の複数農家が同時に同面積カボチャ栽培した場合における一人当たりの収益量

4.4 サンプルケースにおける住民の意識を考慮した農業経営分析結果

石垣島を対象とした間作に対する農家意識と技術力を設定したサンプルケースについて、農業経営が成立する間作面積と実施農家戸数を分析した（表3参照）。その結果、表4に示す農家が間作を実施すれば、カボチャ生産量が208.85 t / 年、その時のカボチャ間作面積は14.92 haであり、石垣島における赤土流出抑制率（予測）は、単位圃場における赤土流出抑制率が0.54であることから換算すると島全体の 0.41 % の削減効果が得られる。このように、間作に対する農家意識と農家の持つ技術力をアンケートなどを通して数値化することで、赤土流出抑制の目標値を設定した場合において農業経営が可能な間作農家の規模や戸数を算出することができる。また、仮に目標値が農業経営的に見て達成できない場合、抑制目標を達成する農家の規模・間作面積の組み合わせが抽出でき、この場合経営が成立するために必要な補助金額の算定も可能である。

表3 サンプルケースにおける農業経営が成立する間作面積と実施農家戸数

	1戸あたり畑地面積												
	0.3未満	0.3～0.5	0.5～1.0	1.0～1.5	1.5～2.0	2.0～3.0	3.0～5.0	5.0～10.0	10.0～20.0	20.0～30.0	30.0～50.0	50.0～100.0	100.0ha以上
全農家戸数	17	80	232	175	143	224	213	164	27	6			3
技術係数1.4t/10aの戸数	3	16	46	35	28	44	42	32	5	1			1
技術係数1.4t/10aの畑地の間作面積率(%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60	4.30	4.97			5.63

5. 今後の課題

本論で提示した流域環境経営分析モデルは、限られた情報や仮定を多く含んでおりまだ一般的ではない。よって、以下に示す課題を関数化し、実際に現地に適用することで信頼に足る流域環境経営分析モデルへと発展することが可能である。

- 他シナリオで赤土流出対策のベストな手法を経営的視点で抽出する
- アンケートを通して、農家の技術力、間作の意識率を定量化する
- カボチャのコスト関数のより詳細なモデル化を試みる
- カボチャ市場のより詳細な動態について把握する

参考文献

- 1) 馬淵泰・東浩太郎・那須清吾 (2006) “クールアイランドの視点から見た都市緑地の環境経営モデル” 第14回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集,2006, pp295-300
- 2) Mabuchi Y., Nasu S., (2007) “Administration Model for Urban Green Spaces in terms of Cool Island Effect”, Society of Social Management Systems