

RF-078 アジアにおけるバイオ燃料の持続的需給システムの構築に関する研究

(4) フィリピンにおけるバイオ燃料原料生産の拡大に伴う環境及び社会システムへの影響に関する研究

千葉大学 大学院園芸学研究科 丸山敦史

<研究協力者>

フィリピン科学技術省農林天然資源研究開発会議 社会経済調査局 Dr. Albert P. Aquino

平成19～20年度 合計予算額	4,590千円
(うち、平成20年度予算額)	1,716千円)
※上記の合計予算額には、間接経費 1,060千円を含む	

[要旨] 本サブテーマでは、フィリピンを対象に、燃料作物の供給可能性に関わる問題を実証的に分析・検討する。まず、主要な澱粉系、砂糖系作物の生産動向に関する研究では、バイオエタノールについてはサトウキビが、バイオディーゼルについてはココナッツがフィリピンにおける有力な原料作物であることが分かった。また、国が掲げるバイオエタノールの導入目標を達成するためには、ココナッツよりもサトウキビに強い生産制約が現れることを示した。次に、ネグロス島での現地農家調査に基づく研究では、まず、当該地域が、製糖工場に強く依存した地域社会・経済構造になっていることを確認した。また、そこでのサトウキビ生産は、大規模農家ほど反収が高く肥料の投入が多い傾向があること、農家の生産技術に統計的に有意なレベルでの非効率性はないこと、反収を増加させるためには生産要素の投入量を直接的に増やす必要があることなどを明らかにした。更に、生産拡大の阻害要因として、当座の資金不足を挙げる農家が最も多いこと、規模が大きい農家ほど砂糖価格の上昇に応じて栽培面積を拡大する意向が強くなることが示された。最後に、ネグロス島サンカルロス市の衛星画像から、2005年と2008年の土地利用データを入手し、サトウキビ園の分布とその変化を調査した。分析の結果、平地の一部地域で荒地などからサトウキビ園に土地利用が移った場所があること、サトウキビ園は比較的標高が高く道路条件が悪いエリアにも広がりうることが分かった。これらは、サトウキビの増産に伴う負荷がどこに掛かりやすいかを明らかにするものであり、バイオ燃料の利用を持続的に行い需給システムを考える際に重要な資料を提供する。

[キーワード] フィリピン、バイオ燃料作物、サトウキビ、農家行動、土地利用

1. はじめに

バイオ燃料に対する近年の関心の高まりは、多くの途上国において、エネルギー政策を新たなものにしてきている。その背景は次のように要約できる。第一に、京都議定書の批准を受けて、途上国においても国内利用の促進のための政策目標が具体的に示されるようになった。関連する法整

備も始まっている。第二に、急速な経済成長に伴い燃料需要が急増しており、エネルギー安全保障の面からバイオ燃料に期待する部分大きい。第三に、途上国の中でもエネルギー作物の生産に比較優位のある国々にとっては、外貨獲得や更なる投資機会の創出の場としてのメリットが期待される。バイオ燃料という、環境保全と経済成長とが両立する可能性があるオプションを追求することは、これらの国々にとって重要な社会的意味をもっている。

バイオ燃料の利用拡大は、必然的に、プラントの規模と数量及び原料作物の栽培を増加させる。そして、その動きが急激であるほど、生産地域の環境や社会システムを大きく変化させる可能性がある。それは、温暖化対策としての利点や経済的便益とは相反するものである。これまでも、土地利用に関する競合問題（燃料か食料か）や燃料生産全般に要するエネルギー効率性の問題などについて、活発な議論がなされてきた。しかし、バイオ燃料が真に環境親和的な財であるかについて、未だに統一的な見解は得られていない。また、アジアの途上国、特にASEAN諸国に焦点をあてた研究も少ない。本研究は、フィリピンを事例とした農家、地域レベルのミクロ的な視点からこの問題に接近し、バイオ燃料の普及政策のあり方についての検討をするものである。

2. 研究目的

以上のような関心の下で、具体的に、次の3つの課題を設定する。

まず、現状分析として、バイオエネルギーの原料となりうる作物の生産を、時系列と地域性の2側面から捕らえ、その供給ポテンシャルについて論じる。その過程で、フィリピンにおける政府と産業界の動きを概説し、予測需要量との比較を行う。次に、現地での聞き取り調査（農家およびキーパーソン）を行い、得られた資料を基にバイオ燃料という生産オプションの影響が、農家・地域段階でどのように現れうるかについて検討する。最後に、特定の地点の土地利用とその変化を衛星データから捕らえ、農家行動と環境負荷との潜在的関係について論じる。

フィリピンを調査対象とした理由は次にある。同国では、バイオ燃料に関わる政府や民間の動きが、始まりつつある。2005年バイオ燃料法（Biofuel Act）が制定され、輸送用燃料としての国内普及が政策目標にあげられている。そして、その推進方針は、年々強まる方向にある（Biofuel Act of 2006、2007）。更に、精製プラントや自動車関連部門において積極的な投資誘致活動がみられ、後に示すように、そのいくつかは具体的な動きをみせている。これらのことは、生産性が高く、すでに地位が確立しているブラジルのような国だけではなく、生産能力としては限界的な位置にあった国々にも、市場が開け始めたことを示している。燃料生産について後進の国であるほど生産余力が十分ではないことが多く、燃料増産に伴う影響が現れ易い。従って、フィリピンを事例としてバイオ燃料供給の持続性を考えることは、日本とその他ASEAN諸国との関係を考える上でも重要な役割を果たすであろう。

3. 研究方法

第1の研究課題には、FAOSTATや、フィリピン農業統計局（the Philippine Bureau of Agricultural Statistics）、World Development Indicators（WDI）、および、APEC Energy Databaseから収集されたデータを用いる。そして、燃料原料となりうるサトウキビ、トウモロコシ、キャッサバ、ココナ

ツの生産余力について、栽培面積や反収の推移と生産の地域性の観点から記述的な分析を行う。次に、燃料需要を、実質GDPを説明変数とする平滑化スプラインによって予測し、国内需要を満たすために必要とされる耕地面積を特定の作物について把握する。国内需要に対する生産余力が十分にあれば、輸入を含めた広域のモデルの展開が必要となるが、ここでは国内需給のバランスのみに焦点をあてる。

第2の課題では、フィリピンの中でも特にネグロス島のサトウキビ栽培に注目し、そこでキーパーソンへのインタビューと農家調査を実施することで資料を収集する。ネグロス島に焦点を当てたのは、日本にとってはバイオディーゼルよりバイオエタノールが重要あること、即ち、サトウキビに注目する必要があること、更に、バイオエタノールを考える場合、ネグロス島がフィリピンで最も規模の大きい生産地域であることによる。農家調査は、サトウキビ栽培の技術構造を知ろうとするものであるが、加えて、今後想定される栽培面積拡大の需要に対応する際の障害や農業者の態度に関する質問項目も用意する。なお、農家調査は、総栽培面積が1ha程度の小規模農家と、中大規模農家（24ha～275ha）との2回に分けて行う。

第3の課題は、第2の課題と同様に、ネグロス島を対象とする。衛星画像から2005年と2008年の土地利用と変化を把握し、現地調査から明らかになった農家行動の分析結果を踏まえ、どの様な場所に影響が出やすいかについて検討する。

4. 結果・考察

(1) 原料作物の供給可能性

1) フィリピン国内の状況

この節では、フィリピンでの燃料供給の可能性を論じるための背景として、バイオ燃料法や財政的支援策、民間企業の投資状況について概観する。

バイオ燃料法は2005年に制定され、2006年、2007年と改正されている。2006年時点では、同国の輸送部門で消費される燃料を、エタノールについては全量をE5（2009年）、E10（2011年）に置き換え、ディーゼルについてはB1（2007年）、B2（2009年）に置き換える目標が示されている。また、国家バイオ燃料会議（National Biofuel Board）を設置し、国家戦略としての普及が図られている。燃料生産の振興政策としては、ヤトロファの研究開発に力を入れている（10年以内に、作付けを4mil. haにする）。また、ミンダナオ島で、バイオディーゼル精製施設の建設も計画されている。他方で特別融資制度も準備され始めている。2006年に1bil. pesoのバイオ燃料基金（フィリピン国営石油公社と国立開発公社が50%ずつ出資）が創設され、燃料作物を作ろうとする農民に土地を取得するための資金を提供している。また、政府系銀行ランドバンクは、5～10bil. pesoを、ヤトロファ生産や精製プラントの建設などに融資しようとしている（GMANews.TV Aug.28.2007）。民間企業の動きとしては、2005年12月にフォードがラグナ州にフレックス燃料用エンジンプラントの建設を始めたことが先駆的な事例といえる。サン・ミゲルコーポレーションは、現在、10箇所にエタノールプラントを建設する計画を持っており（Manila Standard Sept.14.2007）、中国のNanning Yong Kaiグループもフィリピン企業と共にこの分野への投資を進めている（Biopact Jun.15.2007）。

このように、フィリピンにおけるバイオ燃料に関する政府や民間企業の活動は、ここ数年急速

な展開をみせており、動きが具体化している。しかし、その多くは“生産拡大”のための方策であり、社会的インパクトや持続性に関する議論は少ない。

2) 原料作物の生産

ここでは、燃料作物として候補となる、サトウキビ、トウモロコシ、キャッサバ、ココナッツについて、作物統計データから生産構造を概観し、燃料原料として可能性を探る。

図1は、フィリピンのサトウキビ収穫面積、収穫量、ヘクタール当たり収量の推移を、データが利用可能な1981年～2005年についてまとめたものである。一見して、生産量が大きく変動していることが分かる。最大値は2004年の25.6mil. tonで最小値は1987年の13.8mil. ton、対象期間の平均値は21.2mil. tonとなっている。収穫面積については、1982年の416.5thou. haを最大とするが、1984年から1992年にかけて減少し、1988年には215.6thou. haとなった。この時期に、ネグロス島を中心とする主要なサトウキビ生産地が危機的状況を経験している。この被害は、世界的な砂糖価格の下落と1984年の干ばつ、その後の台風被害によってもたらされた。他方、ヘクタール当たり収量については、対象期間を通じてほとんど変わっておらず、技術革新が起こっていないことが分かる。砂糖危機の期間を除いて平均値を計算すると57.8ton/ha（変動係数は7.5%）となり、全期間平均の62.3ton/ha（変動係数は16%）より低い。砂糖危機の期間の反収の高さは、その影響が生産性の悪い地域に強く表れたことを反映したもので、80.1ton/haに達している。従って、この反収の水準は、歴史的に見たフィリピンのサトウキビ生産のフロンティア水準と理解出来る。

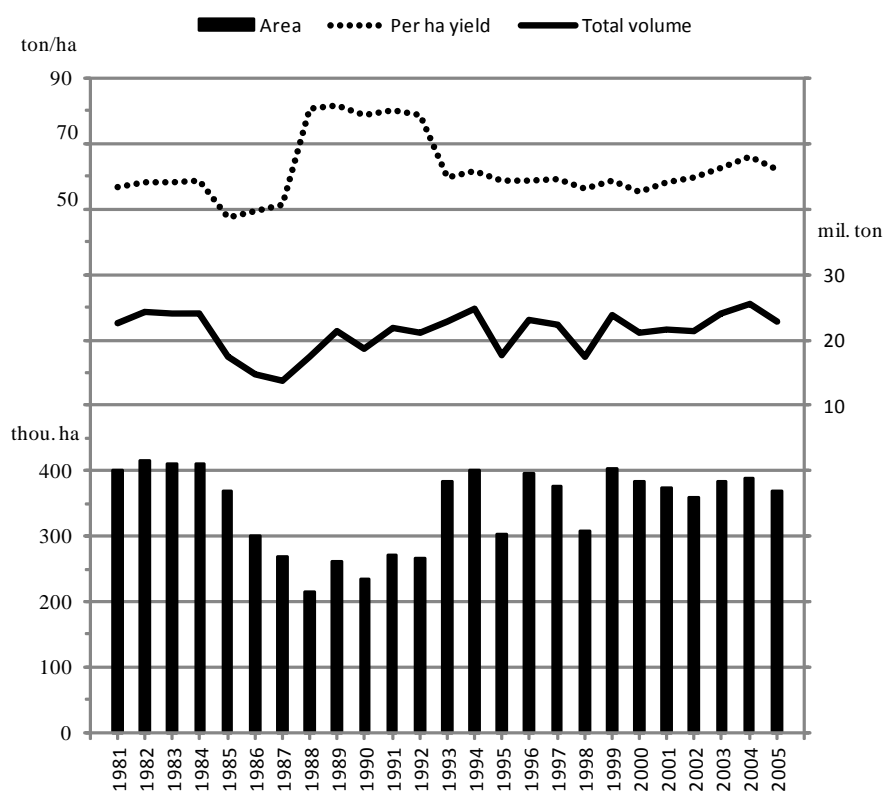


図1. フィリピンのサトウキビ生産量、収穫面積、ha当たり収量の推移(1981-2005)

出典: Bureau of Agricultural Statistics, the Philippines

表 1. ヘクタール当たり収量 (ton/ha)、収穫面積(thou. ha)の国別平均値(2000-05の平均)

Countries	Sugar cane		Corn		Cassava		Coconut	
	Per ha yield	Area harvested	Per ha yield	Area harvested	Per ha yield	Area harvested	Per ha yield	Area harvested
Philippines	66.2	385	1.94	2,462	7.96	209	4.37	3,194
Indonesia	71.7	361	2.94	3,376	14.2	1,265	6.03	2,690
Malaysia	75.2	17	3.94	24	10.0	38	3.74	177
Thailand	57.8	1,015	4.94	1,125	18.0	1,039	5.37	307
India	65.8	4,178	6.94	6,874	26.9	230	4.93	1,888
Brazil	71.5	5,285	7.94	12,104	13.6	1,726	9.65	278
USA	74.2	401	8.94	29,018				
Japan	58.0	23						

出典: FAOSTAT

表1には、これらの作物についての生産規模および生産性が、他国と比較できる形で掲載されている。フィリピンは、サトウキビおよびサトウキビを原料としたバイオエタノールの世界一の生産国であるブラジルに対し、7%程度の規模を有しているに過ぎない。しかし、この数字は、エタノール生産におけるフィリピンの重要度の低さを示すものではない。重要なことは、この様な国々にもエタノール生産の拡大圧力が掛かりつつあるということである。また、ヘクタール当たり収量でも、フィリピンはブラジルの9割程度にとどまっている。ブラジルとの反収差の原因が、生産様式の違いに由来するのか、規模の経済性によるものなのか、品種などの研究開発の遅れによるものなのかは、手元の資料では十分に判断できない。しかし、フィリピンのサトウキビ生産にはほとんど技術革新が起こっていないことを考えると、生産性を伸ばす余地は大きいようである。

フィリピンのトウモロコシの生産量と収穫面積、および、ヘクタール当たり収量の推移を図2に示した。過去20年間に渡り、収量、ヘクタール当たり収量とも増加傾向にある。年平均成長率を計算してみると、それぞれ、1.8%と3.3%となった。この様な生産性の向上は、主に、黄色系品種の導入によるものである。1980年当初、フィリピンで栽培されているトウモロコシは、ほとんどが白色系の品種であった。1981年から85年にかけての白色系シェアは収量ベースで8割程度に達した。しかし、この割合は、2001年から05年に掛けて4割程度まで減少した。この間、黄色系品種は年率6.6%で成長したことになる。これに応じて総生産量も増加しているが、収穫面積は1980年代にピークに達した後、1990年頃から減少に転じている。面積減少は主に白色系品種の圃場で起こっており、黄色系への転換の際に脱落したものと思われる。同時に、面積ベースでは、依然として白色系品種のシェアが大きいことに注目すべきである。このことは、バイオ燃料の生産により適した黄色系品種に転換しやすい環境があること、即ち物理的な増産能力があることを示している。とはいえ、その生産性は他国に比べかなり低く（アメリカの5分の1程度）、国際水準に追いつくには、大きな投資が政府と農家の双方で必要になる。そのコストは、サトウキビに比べて大きいであろう。また、廃糖液という副産物を用いてエタノールを生産するサトウキビと違い、トウモロコシの場合、直接的に食料利用との競合を引き起こすため、それを考慮した規模での増産

が必要になる。従って、トウモロコシは原料作物としてのポテンシャルは期待出来るものの、現状ではサトウキビに勝る要因は少ない。

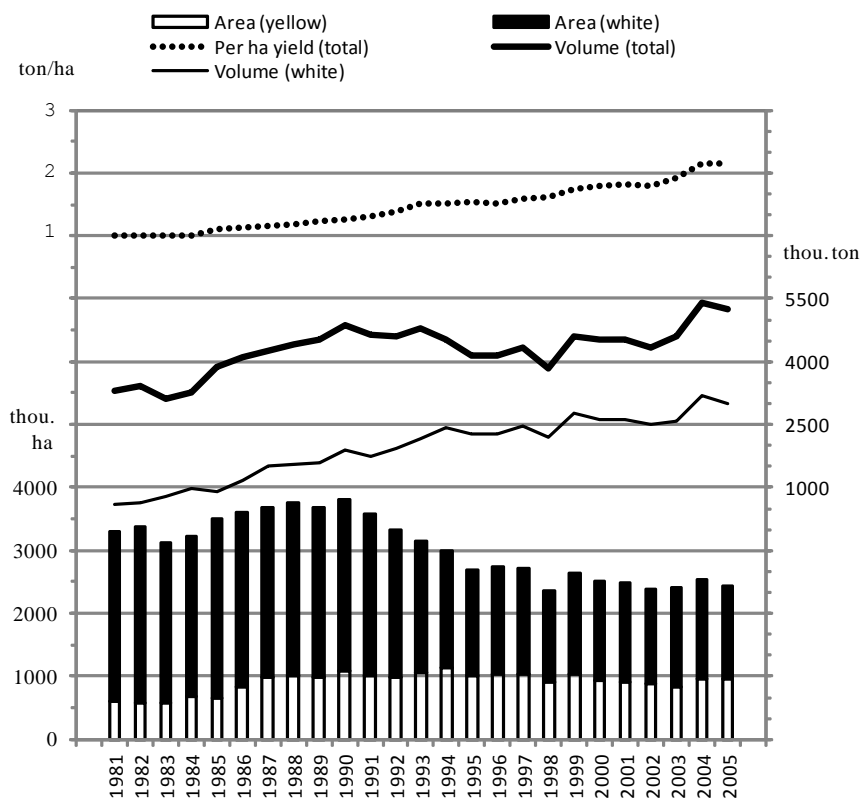


図2. フィリピンのトウモロコシ産量、収穫面積、ha当たり収量の推移(1981-2005)

出典: Bureau of Agricultural Statistics, the Philippines

キャッサバについては、210thou. haの農地から年間平均1.7mil. tonの生産がある。ヘクタール当たりの平均収量は8.2tonとなっている。時系列的には、1983年に一時的な落ち込みはあるものの、概して、安定的に推移していることがわかる(図3)。しかしながら、フィリピンの生産規模は、諸外国に比べてかなり少ない。この生産規模では、キャッサバ中心にエタノール生産を行うことは適当とはいえない。

ココナツの生産量と収穫面積、および、ヘクタール当たり収量の推移は、図4にまとめられている。ココナツは、フィリピンの主要な外貨獲得作物であり、次にみるようにフィリピン全土で生産されている。分析対象期間の平均生産量は1.3thou. ton弱である。永年作物であり50年以上も1本の木から収穫出来ることから、栽培面積は大きく変動していない。他方、収穫量は、全体的に動きが大きい。2001年以降の上昇傾向はバイオ需要の増大を背景にしている。ヘクタール当たりの収量は4ton程度と近隣のインドネシアなどに比べやや劣るが面積規模は大きく、バイオ燃料用へ仕向けられる可能性が高い(表1)。近年は、結実年数が3年と短く反収の良い矮性の品種の導入が、南部の地域を中心に進んでいる。市場環境が一層良くなれば、フィリピン全土に普及が進むであろう。

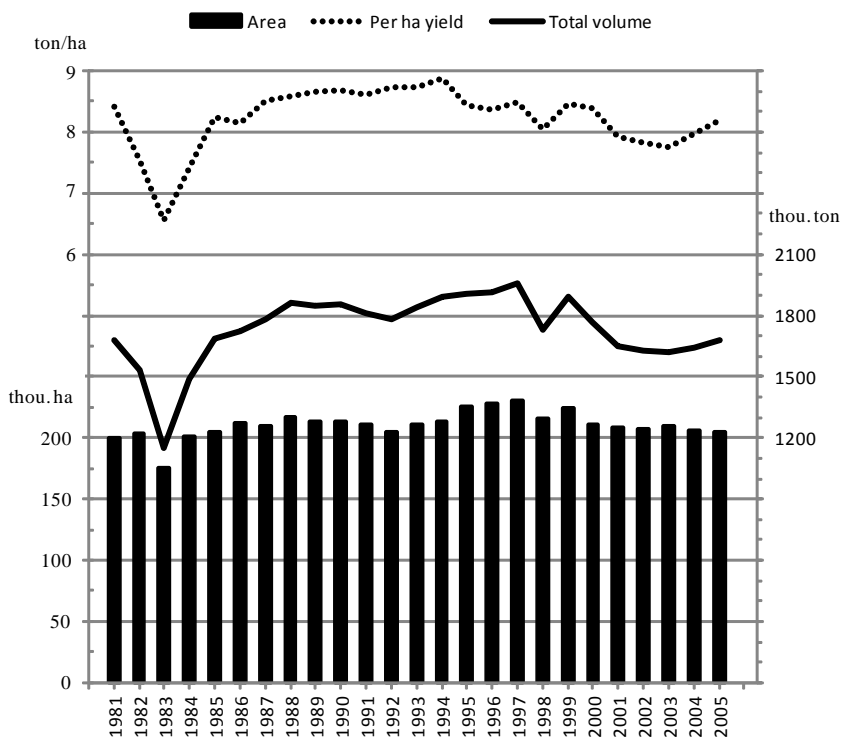


図3. フィリピンのキャッサバ生産量、収穫面積、ha当たり収量の推移(1981-2005)
 出典: Bureau of Agricultural Statistics, the Philippines

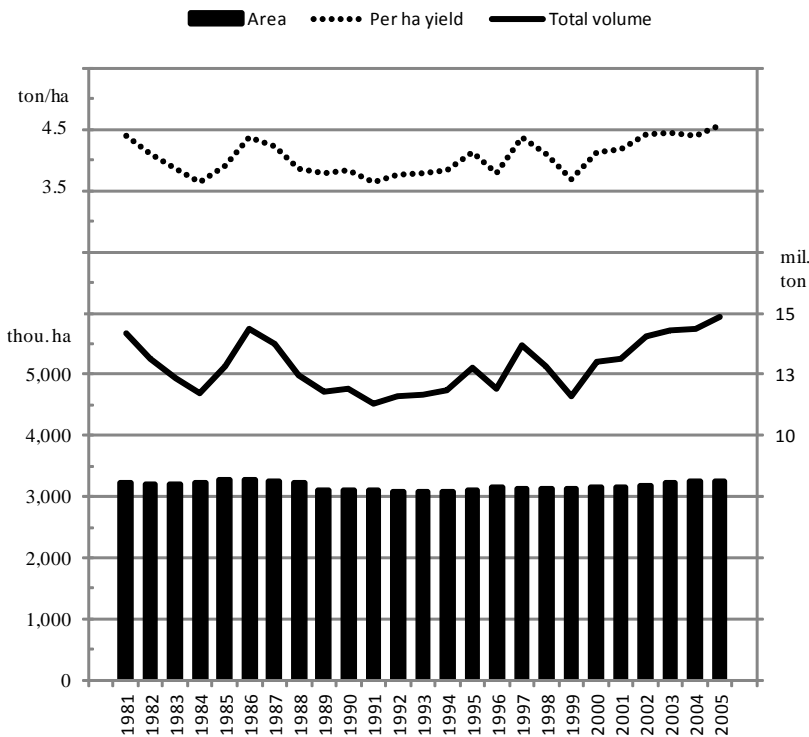


図4. フィリピンのココナッツ生産量、収穫面積、ha当たり収量の推移(1981-2005)
 出典: Bureau of Agricultural Statistics, the Philippines

表2. フィリピンにおける地域別主要作物生産量(千トン), 2005年

Top five regions	Production	(%)	Top five regions	Production	(%)
[Sugarcane]			[Cassava]		
Philippines (total)	22,918	(100)	Philippines (total)	1,678	(100)
Central Luzon	1,202	(5.25)	Southern Tagalog	72	(4.26)
Southern Tagalog	1,766	(7.70)	Bicol Region	122	(7.28)
Western Visayas	13,072	(57.0)	Eastern Visayas	71	(4.21)
Central Visayas	2,080	(9.08)	Northern Mindanao	150	(8.96)
Northern Mindanao	2,875	(12.5)	ARMM	951	(56.6)
Top 5 total	20,995	(91.6)	Top 5 total	1,366	(81.4)
[Corn]			[Coconut]		
Philippines (total)	5,254	(100)	Philippines (total)	14,825	(100)
Ilocos Region	300	(5.71)	Southern Tagalog	1,484	(10.0)
Cagayan Valley	770	(14.6)	Eastern Visayas	1,765	(11.9)
Northern Mindanao	938	(17.9)	Zamboanga Peninsula	1,638	(11.0)
SOCCSKSARGEN	959	(18.3)	Northern Mindanao	1,549	(10.4)
ARMM	631	(12.0)	Davao Region	2,494	(16.8)
Top 5 total	3,598	(68.5)	Top 5 total	8,928	(60.2)

出典: Bureau of Agricultural Statistics, the Philippines

分析対象作物について、その地域別生産量を表2にまとめた。まず、サトウキビについては、生産地域が大きく偏っていることが分かる。Central Luzon、Southern Tagalog、Western Visayas、Central VisayasとNorthern Mindanaoで、全生産量の92%が説明される。Western Visayasのシェアは50%を超えており、中でも、西ネグロス州は生産量が多い。トウモロコシについては、Ilocos Region、Cagayan Valley、Northern Mindanao、SOCCSKSARGEN および Autonomous Region of Muslim Mindanao(ARMM)が主たる生産地域であるが、その集中度は、サトウキビに比べてはるかに低い。キャッサバについては、地域性が強く、フィリピン総生産量の半分以上がARMMで作られている。生産地域トップ5のシェアは80%を超えるが、サトウキビより高くはない。ココナッツについては、主要生産地（Southern Tagalog、Eastern Visayas、Zamboanaga Peninsula、Northern Mindanao、Davao Region）のシェアは60%程度である。トウモロコシの集中度より低く、フィリピンにおいて最も一般的に栽培されている作物であることが分かる。

バイオ燃料の需要拡大に対応するために燃料作物を増産する場合、インフラの整備や生産の集約化による生産効率性の向上、農地の外延的延長や肥料の多投に伴う環境負荷のモニタリングを効果的に行っていく必要がある。この観点からは、生産地が地域的に分散していることはあまり好ましくない。サトウキビとキャッサバの地域集中度は高く、投資と管理を集中させる状況にあるといえよう。

また、フードバランスシートをみると（表3）、サトウキビ、ココナッツ、キャッサバの主な用途は食料であり、トウモロコシは飼料であることが分かる。サトウキビの場合、廃糖液を用いてバイオ燃料を生産すれば食料との競合を極力抑えることが出来るが、ココナッツ、キャッサバ、

トウモロコシは直接的に競合する。更に、トウモロコシとキャッサバについては、生産量の数パーセントほどの規模で輸入が行われていることが分かる。それに対して、ココナッツは、輸入はあるもののそれを大幅に上回る規模の輸出がなされており、国内市場には若干の余裕がみられる。従って、需給バランスの観点から考えると、バイオエタノールの原料としてサトウキビを、バイオディーゼルの原料としてココナッツを用いることが、食料から燃料に仕向けたときの国内的な影響を小さくしうることとなる。なお、政府が力を入れているヤトロファはまだ実験段階にあるため、具体的な検討は出来ない。

表3. フィリピンにおける主要作物の需給バランス(千トン), 2003年

Items	Sugarcane	Corn	Cassava	Coconut Oil	Coconut (incl Copra)
Production	30,000	4,478	1,622	1,473	14,122
Import	0	205	125	9	15
Export	0	0	5	1,233	694
Consumption					
Feed	900	3,375	65	0	42
Food	27,757	474	1,557	170	9,933
Others	1,343	833	120	78	3,468

Source: FAOSTAT

3) 必要耕地面積の推計

ここでは、将来予想される燃料需要に対し、現在の生産技術水準の下で必要とされる耕地面積を算出し、それによってサトウキビとココナッツを燃料作物とする場合の制約の強さを明らかにしたい。燃料輸入の可能性については当面捨象し、国内需要とのバランスをみることで、面積制約の下限をみることにする。算定の基礎となる燃料需要予測は、GDPを引数としたスプライン平滑化法（特定の確率分布を仮定しない回帰）を用いて行う。平滑化関数は次式で与えられる。

$$y^s = \sum (y_i - f(x_i))^2 + \lambda \int f'(x)^2 dx$$

ここで、 y^s は平滑化された燃料需要、 y は燃料需要、 x は実質GDPを表す。ラムダ (λ) は平滑化パラメータと呼ばれるが、ここでは λ と単調増加関係にある有効自由度 (df) を用いて平滑度を操作する。dfの決定にはcross-validation (cv)を基準とするが、参照点としてdf=3と固定したケースについても推計する。推計にはS-Plusを用いた。cvで選択されたdfは5.30であり、df=3より控えめな予測値を与えた (図5)。

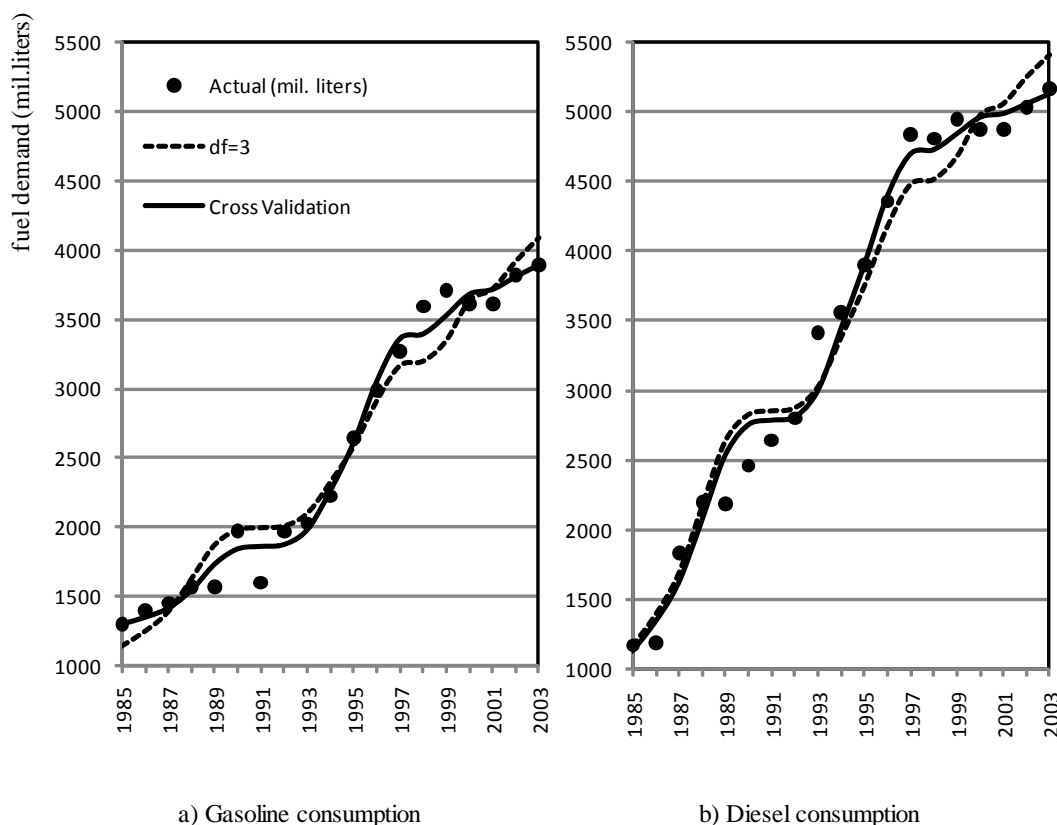


図5. スプライン関数による平滑化

この平滑化関数を用いGDPを1%成長、6%成長と仮定した場合の予測量と、それをE5、E10、B1、B2ブレンドに置き換えた場合のシミュレーション結果を2010年と2015年について示す(表4)。燃料から収穫面積への変換係数は、Lotilla¹⁾を採用している。また、the Philippine Council for Industry and Energy Research and Development (PCIERD)が行った試算結果についても併記した。

2010年には、E5で200~330mil. litersが必要とされ、E10の場合は倍になる。GDPシナリオが1%~6%に変化すると、需要量は1.3~1.5倍変化する。更に、設定されたdfの違いによる影響は、1.1~1.3倍であった。他方、バイオディーゼルについては、2010年に50~150mil. litersが必要とされる。2010年と2015年を比較すると、GDP1%シナリオでは大きな変化はないが、6%の場合はエタノールで1.2~1.4、ディーゼルで1.1~1.3倍となる。なお、PCERDの予測値はおおよそ我々のものと整合している。

必要とされる土地面積は、2010年については、現状の13~41%がエタノール生産に必要とされ、ディーゼルについては4~10%が必要になる。また、2015年では、13~57%をエタノールに、4~13%をディーゼルに仕向けなくてはならない。この数字から明らかなように、ディーゼルについては、現在の生産量でも国内需要だけを対象とする場合、マクロ的にみて、生産ポテンシャルに大きな障害はないであろう。しかし、エタノールについては、経済成長が今の水準で続いた場合、国内需要をまかなうだけでかなり難しく、その生産可能性は現状では低いと考えられる。これを打開するためには、生産耕地の拡大や高収量技術の普及が必要であるが、それらは一般に環境負荷が大きい。バイオエタノールは先進国の需要が大きいため、外貨獲得手段と位置づけられると、

開発が一気に進む可能性が高い。他方でフィリピンのサトウキビ生産は、前節で明らかにしたように、西ネグロス州に集中して行われている。この利点を生かして、地域的に集約化した投資と適切な管理が出来る枠組みを提示する可能性を探るべきである。

表 4. フィリピンにおけるバイオ燃料の需要予測と燃料作物の供給可能性

Scenarios ^(d)	Gas (mil. liters)	Bioethanol (mil. liters)		Sugarcane land requirement (thou. ha) ^(a,c)		Diesel (mil. liters)	Biodiesel (mil. liters)		Coconut land requirement (thou. ha) ^(b,c)		
		E5	E10	E5 (%)	E10 (%)		B1	B2	B1 (%)	B2 (%)	
[2010]											
1% growth											
cv	4068	203	407	48 (13)	97 (26)	5283	53	106	110 (3.4)	220 (6.9)	
df=3	4435	222	443	53 (14)	106 (28)	5740	57	115	120 (3.7)	239 (7.5)	
6% growth											
cv	5117	256	512	61 (16)	122 (32)	6188	62	124	129 (4.0)	258 (8.0)	
df=3	6528	326	653	78 (21)	155 (41)	7722	77	154	161 (5.0)	322 (10.0)	
PCIERD ^(e)	5650	283	565	67 (18)	135 (36)	4586	46	92	96 (3.0)	191 (6.0)	
[2015]											
1% growth											
cv	4201	210	420	50 (13)	100 (27)	5398	54	108	112 (3.5)	225 (7.0)	
df=3	4700	235	470	56 (15)	112 (30)	5991	60	120	125 (3.9)	250 (7.8)	
6% growth											
cv	6354	318	635	76 (20)	151 (40)	7255	73	145	151 (4.7)	302 (9.4)	
df=3	8995	450	899	107 (29)	214 (57)	10058	101	201	210 (6.5)	419 (13.1)	

a: The conversion ratio in Lotilla (2007), i.e., 4200 liter ethanol per hecter, is adopted.

b: The conversion ratio in Lotilla (2007) and Agribusiness Lands Investments Center (2007), i.e., 480 liters per hecter, is adopted.

c: Percentage of land area requirement to the harvested area averaged for 2001 to 2005.

d: 1% and 6% denote real GDP growth rates assumed. cv and df denote cross validation and degree of freedom using in estimation of spline function, respectively.

e: Adopted from PCIERD (2007) "Biofuel S&T Roadmap," Draft, 15 January.

(2) サトウキビの生産と農家意識

1) ネグロス島のサトウキビ生産

この小節では、2007年12月に行った西ネグロス州でのフィリピン砂糖統制局SRAバコロド支部長とサンカルロス市NEGOCOR農民組合長への聞き取り調査から得られた資料を基に、原料作物の生産拡大を図る際の制約条件とについて考察する。

西ネグロス州はネグロス島でも中心的なサトウキビ生産地帯である。作期は、典型的には前年の9月から当年の8月までであるが、rationing栽培のため変動する。rationingは3回までとされ、病気に弱い品種の場合1回限りとする場合もあるが、金銭的な余裕がない場合はrationing回数が増える傾向にある。SRAは、3年ごとの土壌分析を農家に勧めている。しかし、実施率は特に小規模農家で低い。1988年の包括的農地改革計画（CARP: Comprehensive Agrarian Reform Program）により自

作農が多く生まれているが、自己資金で経営しているものは少ない。政府や基金、NGOからの支援を受けるケースや、地主へ貸し戻すという選択肢がとられているようである。生産したサトウキビは大規模な製糖工場に販売されており、口頭契約で行われることが多い。契約違反の罰則規定はないが、サトウキビが未納になると他の組合に割り当てがとられてしまい、それを戻すことは難しい。1日あたりの要求量の1割程度の変動であれば問題はないが、それを超える程度に下回る場合は、スケジュールを組み立て直す必要が生じる。これらの事柄は、バイオ燃料業者と製糖業者とが原料調達において競合関係にある状況下でも、サトウキビの仕向け先は簡単には変わりにくいことを示している。組織としてエタノールという新しい取り組みを始めるには、その長期的安定性が強く農家に認識されなくてはならない。

近年は、収穫されたサトウキビの全量が製糖工場に出荷されている訳ではない。関税の引き下げによる安価な輸入砂糖の流入が予測されることもあり、付加価値の高い輸出用のマスコバド糖（サトウキビを収穫して搾ったジュースを煮詰めて濃縮し、攪拌しながら乾燥させてつくった粉末の黒砂糖）の生産に移った者もいる。エタノール原料として出荷する際の便益が明らかではないため、エタノールとマスコバド糖との競合関係は不明であるが、マスコバド糖がエタノールの強力なライバルになる可能性が指摘出来る。

表5は、SRAにより取りまとめられたネグロス島での生産概要である。小規模農家から大規模まで、幅広く農家が分布している。5ha未満の階層生産量は全体の10数%を占めるに過ぎないが、数は最も多い。収量の面で中心的なのは、50haを超える階層であり反収も良い。

農家の生産規模や生産様式は多様であるが、総じて、ネグロス島のサトウキビ生産は製糖工場に強く依存した体制となっている。製糖工場が燃料生産に主体的に切り替える場合は地域内の混乱は少ないと思われる。しかし、外部の資本が同地域でエタノール生産を始めるのであれば、農家は、砂糖かエタノールかといった選択をダイレクトに行うような状況に直面する。その場合、どのような農家行動が予測できるであろうか。その答えの手がかりとして、本節の後半で農家意識に関する分析を行っている。

表5. フィリピンネグロス島における規模別農家分布（2005-2006年）

Area (ha)	No. of Farms	No. of Farmers	Total area (ha)	Total Sugarcane (thou. ton)	Yield (ton/ha)	Scale (ha/farmer)
5.00 and below	17,114	16,863	31,621	1,716	54.28	1.88
5.01 - 10.00	2,265	2,189	16,675	1,017	61.00	7.62
10.01 - 25.00	1,797	1,644	29,749	1,863	62.62	18.1
25.01 - 50.00	1,022	932	35,738	2,397	67.06	38.3
50.01 - 100.00	619	565	41,453	2,943	71.01	73.4
100.00 - up	284	262	42,025	3,113	74.06	160.4
Total/Average	23,101	22,455	197,261	13,049	66.15	8.78

出典: Sugar Regulatory Administration

2) 小規模農家の生産構造

ここでは、西ネグロス州ラ・カルロタ市周辺（3村：Balabag、Sanmiguell、Nagasi）で、2007年12月6日～11日に行った小規模農家への調査結果を取りまとめる（図6）。

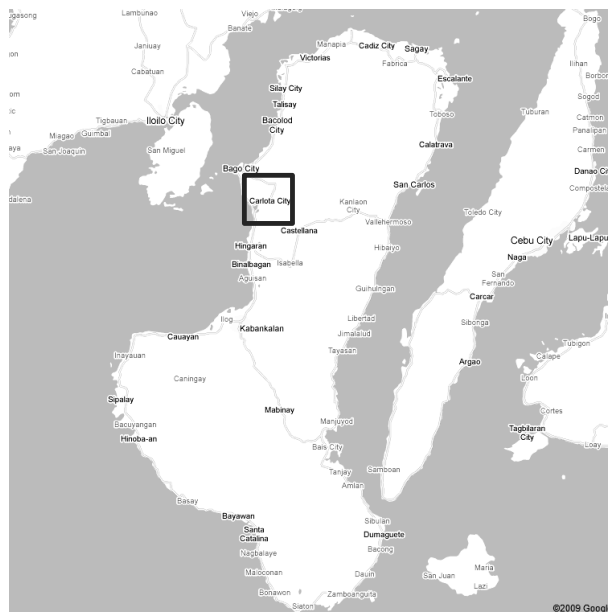


図6. 調査対象地区

まず、表6では、回答者および農家属性の記述統計量が掲載されている。調査は、「経営について状況をよく知っている人」に対して行った。女性（Female）がほぼ半数になるが、実際に経営主として農業に関わっている人もおり、意思決定できる立場にあると考えてよい。平均年齢（Age）の52歳は経営主の平均値としてはやや若い、それにも増して注目すべきは、平均経験年数（Experience）が12年と短いことである。表には掲載していないが、農業の経験自体も平均値で19年となっており、包括的農地改革以降に農民となった人々であることが推測される。他方、教育年数（Education）をみると、小学校卒業程度の頻度が最も多いものの、大学に進学しているものも17%ほどおり、この数値は類似の調査事例に比べやや高い水準にある。

サトウキビ以外の農業所得を得ている農家（Farmers having other agricultural income）は56%、その多くが畜産である。しかし、収入ベースでは、圧倒的にサトウキビのシェアが大きい。就業状況をみると、平均世帯員数5人のうち、34%（1.7人）は専業でサトウキビ栽培に関わっている（Full-time sugarcane）。部分的に関わっている人（Part-time sugarcane）を合わせると58%の世帯員（就業者の9割）がサトウキビ生産に関わっている。とはいえ、“部分的に関わっている人”の主な収入源は非農業所得であることも多く、必ずしも農業に依存しているという所得構造とはいえない。なお、なし（None）には、農業に従事していない主婦や高齢者、学生及び幼児が含まれている。

トレーニングプログラムへの参加経験（Training programs）を聞いた質問では、ほとんどの回答者が参加しており、そのような機会が広く与えられていることが分かる。農業技術に関するプログラムに参加した経験のある農家が56%、リーダーシップなどの啓蒙プログラムへの参加経験を持っている農家が34%いる。このような機会が与えられていることは、バイオ燃料栽培の普及を

図る際のコミュニケーションチャネルとして、このような場所が活用できることを示している。農業組織加入状況（Number of farmers organization jointed）をみると、すべての回答者が何らかの組合に加入している。農地改革の受け皿として農民組合が機能しているという地域性が出ている。加入することにより、製糖工場との取引が可能になること、組合から融資を受けることができるなどの便益がある。情報源の数（Number of information sources for faming）は、いくつかの情報源に積極的にアクセスしているかを調査したもので、情報収集に対する回答者の積極性を表している。SRAが典型的な情報源であり、その他、地方政府や大学、トレーダーなどから情報提供がなされている。

表 6. 調査サンプルの属性(小規模農家 n=41)

Items		Freq.	(%)	Items		Freq.	(%)
Gender	Male	23	(56.1)	No. of information sources for farming	0 (counts)	12	(29.3)
	Female	18	(43.9)		1	16	(39.0)
Age	- 39 (yrs)	4	(9.8)	2	10	(24.4)	
	40 - 49	14	(34.1)	3	3	(7.3)	
	50 - 59	11	(26.8)	Avg., Std	1.10	0.92	
	60 -	12	(29.3)	No. of farmers' organizations joined	1 (counts)	38	(92.7)
	Avg., Std	52.2	11.3		2	2	(4.9)
Experience	- 9 (yrs)	16	(39.0)	3	1	(2.4)	
	10 - 19	20	(48.8)	Avg., Std	1.10	0.37	
	20 -	5	(12.2)	Total sugarcane area	- 0.5 (ha)	3	(7.3)
	Avg., Std	11.8	9.49		0.6 - 1.0	13	(31.7)
Education	- 6 (yrs)	23	(56.1)	1.1 - 1.5	12	(29.3)	
	7 - 10	11	(26.8)	1.6 -	13	(31.7)	
	11 -	7	(17.1)	Avg., Std	1.30	0.55	
	Avg., Std	7.29	3.13	Per hectare yield	- 50 (t/ha)	8	(19.5)
Household size	- 3 (prsns)	8	(19.5)		51 - 60	11	(26.8)
	4 - 6	24	(58.5)		61 - 70	9	(22.0)
	7 -	9	(22.0)		71 - 80	8	(19.5)
	Avg., Std	5.10	1.93		81 -	5	(12.2)
Farmers having other agric. income	23	(56.1)	Avg., Std		62.79	14.65	
Job status (average share of household member)	Full-time SC (Av. %, Std.)	34.0	24.4	Sugar price	- 900 (peso/50kg)	5	(12.2)
	Part-time SC	23.7	19.2		901 - 1000	8	(19.5)
	Full-time non-agric.	5.9	12.6		1001 - 1100	13	(31.7)
	None	36.4	22.8		1101 - 1200	3	(7.3)
Traning programs	Attend	39	(95.1)		1201 - 1300	10	(24.4)
	re. Farming	23	(56.1)		1301 -	5	(12.2)
	re. Leadership	14	(34.1)	Avg., Std.	1132.8	186.2	
	Not attend	2	(4.9)				

最後に、生産規模であるが、すでに述べているように、この対象農家の一戸あたり栽培面積は小さい。平均値は1.3haである。また、反収の平均値は63ton/haで、フィリピンの全国平均62ton/ha（2001～2005年の平均）とほぼ同一であった。単価は50kg（1bag）あたり1,133pesoとなっている。

表7は、調査農家の産出と要素投入の平均値を示したものである。農家は平均1ha程度の農地を持ち、ヘクタール当たり63tonの収穫を上げている。この数字は、SRAが取りまとめたネグロス全体の小規模層（5ha未満）平均値より高く、やや優秀な地域・農家を対象にしているかもしれない。しかし、窒素の投入量をみると120.8kg/haとなっており、SRAの推奨している水準よりかなり低い。小規模農家の反収の低さの一因が不十分な施肥にあるようだ。トラクターについては、全く使われていなかった。畜力については、ヘクタール当たり64時間程度の投入があるが、こちらも少な

い。この作期では、農家の80.5%が株だし栽培（ratooning）を行っていることを反映している。株だしは通常2回程度（新植を含めて3収穫）とすることが多いが、この地区では4～5回行う農家もあり、平均的に耕耘や定植に対する投入は少ない。労働時間については、収穫労働を含めず年間で415時間、雇用労働は家族労働の1.3倍程度投入されている。収穫はサトウキビ生産においては重要な工程であるが、この小規模農家の調査では質の良いデータが得られなかったため、分析からは除外した。土質については、SandyもしくはSandy loamが多く全体の50%程度（残りの多くはCray）であった。

表7. サトウキビの生産と投入(小規模農家、n=41)

Variable		Mean	Std.Dev.	per hectare	
				Mean	Std.Dev.
Output	tons	70.2	36.3	62.9	12.8
Inputs					
Land	ha	1.13	0.54		
Animal	hrs	63.3	29.8	64.1	38.1
Labor	hrs	382.9	190.8	414.5	193.2
Family	hrs	181.2	143.2	179.2	159.3
Hired	hrs	230.2	182.9	235.3	209.2
Nitrogen	kg	118.8	69.7	120.8	71.7
Other characteristics					
Ratooning	%	80.5			
Sandy soil	%	53.7			
Village	Balabag	36.6			
	Sanmiguel	31.7			
	Nagasi	31.7			

表8には、生産関数の推計結果が記載されている。サンプルサイズが十分に大きくないため複雑な関数型を用いず、先験的にコブダクラス型を仮定した。しかし、決定係数（R-squared）が高く、不均一分散（Breusch-Pagan test）や多重共線性（VIF）が起こっていないことから、説明力は十分に高いものと考えられる。

農家の属性を表す変数として多くの変数（years of experience in farming、years of sugarcane growing、years of education、soil、affiliation with agricultural organizations、channels for obtaining information on sugarcane growingなど）を導入したが、いずれも統計的に有意ではなかった。唯一、有意だったのはOther Crops（サトウキビ以外の作物を生産している農家の値を1、それ以外の農家の値を0にした変数）である。推計された回帰係数の符号は負であり、サトウキビ専業農家の収量が高いことを表している。

Landの回帰係数は0.72と高く、収量に対し大きな影響を有しているのが分かる。著者らが過去に行った他作物（トウモロコシ、米）の生産関数分析では、土地の係数は0.4前後であった。畜力と窒素の回帰係数は、いずれも5%の水準で統計的に有意であるが、計数値は、それぞれ0.17および0.13と小さい。この推計結果は、サトウキビ農業の特徴をよく表している。

ここで、規模の経済性について検討するため、土地、畜力、労働、窒素といった生産要素の計数之和が1と等しいか否かを検定する。得られたF値は0.25 (p-value=0.623) であり、帰無仮説を棄却することは出来なかった。即ち、規模の経済性が存在しているとはいえないことが分かった。

表8. サトウキビ生産関数の計測結果(小規模農家、n=41)

Variables	Coef.	Std.Err.	Prob.
ln(Land)	0.718	0.081	0.000
ln(Animal)	0.165	0.074	0.032
ln(Labor)	0.022	0.080	0.789
ln(Nitrogen)	0.133	0.056	0.024
Other crops	-0.295	0.079	0.001
Constant	2.782	0.516	0.000
R-squared		0.869	
Breusch-Pagan test (p-value)		0.620	(0.430)
Mean VIF		1.640	

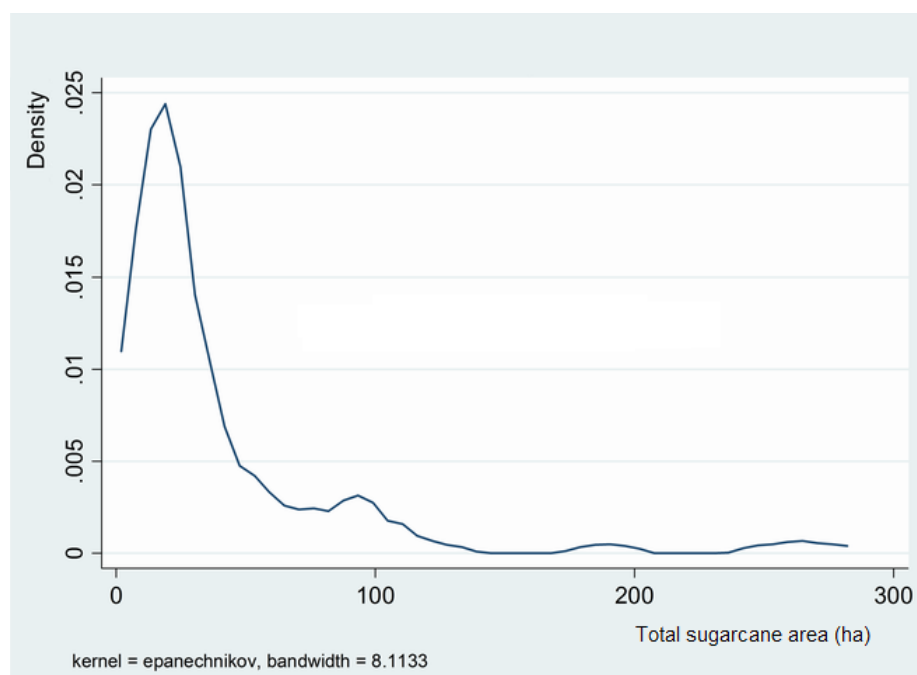


図7 サトウキビ栽培面積の分布

3) 中大規模農家の生産構造

この小節では、ネグロス島における中大規模農家のサトウキビ生産構造を分析する。調査は、2008年11月2日～8日に行った。前節で扱った農家調査とは、対象とする農家の規模が異なるため、いくつかの点で異なった設定を用いている。まず、小規模農家に比べて大規模農家の数は圧倒的に少ない。そこで、調査対象地域をラ・カルロタ (La Carlota) 市だけではなく、それに隣接するポンテベドラ (Pontevedra) 市、ラ・カステラナ (La Castellana) 市に広げた。次に、農家規模が

大きくなるに従って、農園の所有者はサトウキビ生産に直接関わらない程度が強くなる傾向にある。その様な場合は、農園の世話人（サトウキビの生産管理を行う人）に同席を求めるようにした。ただし、意識調査の部分は、農園主の意向を反映するようにしている。最後に、生産データの調査単位を、原則、ヘクタール当たりとした。小規模農家の場合は、農家は、一つの圃場全体について、その収量や生産要素の投入量を把握していたが、栽培面積規模が大きい農家は、それぞれの圃場についてヘクタール当たりで把握していることが多いためである。具体的には、直近で収穫を行った圃場についてのヘクタール当たりの収量や投入量を聞き取っている。

収集された調査票は100通だったが、回答が不完全なもの、著しく収量が低いもの、回帰において強い影響を与えたものを除いた84サンプルについて分析を行う。また、農地面積の分散が大きいため、サンプルを分けた分析も行う。図7は、サトウキビの栽培面積の分布をカーネル関数で平滑化して表示したものである。ピークが20haの辺りにあり、右に裾の長い単峰の分布となっている。そこで、サンプルを中央値（22ha）以上と、それより小さいものとに分けた。これによって、生産構造の違いを規模間で比較することが出来る。なお、栽培面積の最小値は10ha、最大値は274haであった。アンケートの調査項目は、ほぼ小規模農家のものと同じであるが、労働には収穫労働を含んでいる点が異なっている。

表9は、生産や農家・個人属性に関わる主要な変数について、その平均値と標準偏差、もしくは構成比を掲載したものである。

まず、サトウキビの栽培面積（Total sugarcane）をみると、全平均で39ha、分割サンプルの大規模（Larger）は64ha、小規模（Smaller）は14haとなっている。分割サンプル間の平均面積規模が大きく異なることが確認される。また、この分割により、変動係数が全サンプルの121%から、大規模の89%と小規模の27%に減った。

次に、ヘクタールあたり収量（Yield）を見ると、全平均は68ton/ha、分割サンプルの大規模は72ton/ha、小規模は64ton/haとなっており、規模の大きい農家の方が小さい農家の平均反収を上回っていることが分かる。その平均値の差は、5%の水準で統計的に有意であった。ヘクタールあたり資本投入（Capital）は、機械と畜力の賃料を合算したものである。

機械は、ほとんどの規模の農家で導入が進んでいるものの、依然として畜力に依存した生産を行っている農家も多い。全平均は8.2thou. peso/ha、分割サンプルの大規模は7.6thou. peso/ha、小規模は8.8thou. peso/haとなっている。規模間に統計的に有意な差はない。

続いて、ヘクタールあたり窒素投入（Nitrogen）は、全平均で143kg/ha、大規模は165kg/ha、小規模は120kg/haとなっている。平均施肥量の規模間の差は、1%以上の水準で統計的に有意であった。ヘクタールあたり収量は、大規模の方が小規模より有意に多いが、その背景には窒素投入量の差が強く影響しているものと思われる。

ヘクタールあたり労働投入（Labor）は、全平均で139man-day/ha、大規模は132man-day/ha、小規模は147man-day/haとなっている。小規模の投下労働力の方が多いが、大規模との差は統計的に有意なものではなかった。2007年の小規模調査のデータとは収穫と荷積み労働を含んでいる点で大きく異なっている。これらの労働は、総投下労働力の半分以上を占めており、収穫量がこの時期に利用可能な労働力に制限されてしまうことも多い。

土地所有については、調査対象圃場について、分益小作（Sharecropper）の形態をとっているものではなく、多くが自作地で、定額の地代を払って借り入れしている者（Fixed rent payer）は4割弱

となっている。借り入れている農家の割合は、小規模農家の方が多くなっている。地質については、サンディーローム（Sandy loam）系が4割程度で残りは粘土質の土壌となっているが、規模間の差異はない。

表9 サンプルの属性(中大規模農家)

Variables	Total (n=84)		Sub I ^{a)} (Larger, n=43)		Sub II ^{a)} (Smaller, n=41)	
	Mean	St.Dev	Mean	St.Dev	Mean	St.Dev
Land area						
Total sugarcane(ha)	39.21	47.56	63.53	56.70	13.70	3.71
Inputs per hectare						
Yield(ton/ha)	68.05	14.46	71.80	16.16	64.11	11.34
Capital(thou. P/ha)	8.198	5.503	7.586	5.779	8.839	5.191
Nitrogen(kg/ha)	143.2	64.81	165.2	59.63	120.0	62.55
Labor(day/ha)	139.2	55.18	131.7	61.37	147.1	47.32
Tenancy						
Sharecropper(%)	0		0		0	
Fixed rent payer(%)	38.10		30.23		46.34	
Soil type						
Sandy loam(%)	40.48		41.86		39.02	
Income share						
Sugarcane(%)	95.22	13.58	95.96	15.60	94.44	11.24
Agric.(%)	99.77	1.275	100	0	99.54	1.807
Other characteristics						
Age(yrs)	55.24	10.30	55.31	11.56	55.17	8.95
Education(yrs)	10.85	4.403	11.47	4.54	10.20	4.208
SC experience(yrs)	18.77	11.53	21.40	11.74	16.02	10.76
Farmers' assoc.(member, %)	94.05		88.37		100	
Training program(attend, %)	47.62		60.47		34.15	

a) Sub-sample I (II) consists of the observations that are larger (smaller) than the median of total area.

続いて、所得（収入）の構造をみる。サトウキビからの収入が全農業収入に占める割合（Income share: Sugarcane）は95%に達し、サトウキビ栽培が専門的に行われていることが分かる。また、農業への所得依存度を把握するため、便宜的に、非農業所得と農業収入に対する農業収入の割合（Income share: Agriculture）を計算した。平均値はほぼ100%、農業収入が全収入である農家がほとんどであることを示している。

回答者の年齢（Age）と教育年数（Education）については、それぞれ、全平均で55歳と10年とな

っている。平均年齢は規模間でほとんど同じであり、教育年数については1年ほどの差があるが統計的には有意ではない。しかしながら、2007年の小規模農家調査とは、3年半ほどの差がある。

サトウキビ栽培の経験年数 (Sugarcane experience) は、全平均で19年、大規模は21年、小規模は16年となっている。規模間の差は、5%水準で統計的に有意である。農家組織への加入率 (Farmers' association) は、全平均で9割を超えている。大規模の方で加入率が下がるのは、生産量が多いため、単独で製糖工場と取引が出来るためと思われる。

最後に、トレーニングプログラムへの参加経験 (Training program: 過去3年間に参加した否か) であるが、おおよそ半数の農家が、SRAや農業省などが主催するプログラムに参加している。ただし、規模別にみると、大規模が6割なのに対し小規模は3割5分と差が出ている。増産技術の普及などを図ろうとする場合には、この点に注意が必要である。

表10には、生産関数の推計結果が掲載されている。まず、左側の平均生産関数 (Average) に注目すると、平均VIF (Variance Inflation Factor) は、1.14~1.30と十分に低く、多重共線性の影響はほとんどない。また、残差に不均一分散があるか否かを調べるため、Breusch-Pagan検定とIM (information matrix) 検定を行った。いずれも「不均一分散はない」とする帰無仮説を棄却できず、不均一分散の存在は統計的に確かめられなかった。RESET (Ramsey Regression Equation Specification Error Test) の結果も、説明変数の欠落や不適切な関数型の選択などを示す統計的な根拠を与えていない。更に、決定係数も0.41~0.55の範囲にあり、クロスセクションデータとしては満足できる水準にある。これらの事柄は、コブ・ダグラス型生産関数がサトウキビの生産技術を十分に描写していることを示している。

全サンプルを用いた回帰では、窒素 (Nitrogen/ha) と資本 (Capital/ha) が、少なくとも5%の水準で統計的に有意であった。弾力性値は、窒素の方が大幅に高い。分割サンプル (大規模) での、同様の傾向が観測されている。しかし、窒素のヘクタール当たり収量に与える影響は、より大きな値になっている。大規模農家のサトウキビ生産が、窒素投入に強く依存していることが分かる。

他方、分割サンプル (小規模) では、窒素、資本に加え、労働 (Labor/ha) が1%以上の水準で統計的に有意になっている。窒素の説明力は弱まり、労働の弾力性は16%に達している。大規模、小規模ともに、その生産様式はコブ・ダグラス型生産関数で十分に説明されているが、窒素と労働の働き方に大きな違いが出ているのが特徴である。

ダミー変数については、年齢、教育年数、栽培年数、地質などの導入を試みたが、統計的に有意になったのは調査村を識別する変数のみであった。なお、Brgy2はポンテベドラ (Pontevedra) 市を、Brgy3はラ・カステラナ (La Castellana) 市を表している。

同表の右側には、確率的フロンティア関数の計測結果が表されている。確率的フロンティア関数は、次式で定義される

$$y = f(X, \beta) - u + v$$

ここで、 y は収量、 X は生産要素投入とその他の系統要因 (観察可能な農家特性、個人属性、地域属性) のベクトル、 β は未知のパラメータ、 v はIID (Independent and Identical Distribution) に従う両袖の確率変数、 u は非負の確率変数を表す。 u が、観測不可能な農家の技術的非効率性を表すもので、半正規分布や指数分布を仮定することが多い。ここで、技術的非効率性とは、一定の生

産要素投入量の下で最大の生産量を生み出していない状態を表す。 u が統計的に有意でない場合、フロンティア生産関数は平均的生産関数に一致する。

u の統計的有意性を検定するために、推計された u の分散(σ_u^2)が0と等しいという帰無仮説とする尤度比検定を行う。検定結果は、同表のLL-test of σ_u^2 の行に示されている。全体と分割サンプルの全てで統計的に有意ではなく、帰無仮説を棄却できない。従って、農家の技術的非効率性は統計的に有意なものではないことが分かる。

表10 生産関数の推計結果(中大規模農家、従属変数:ton/ha)

Variables	Average						Frontier			
	Total		Larger		Smaller		Larger		Smaller	
	Coef.	p-value	Coef.	p-value	Coef.	p-value	Coef.	p-value	Coef.	p-value
Inputs										
ln(Nitrogen/ha)	0.149	<0.000	0.283	<0.000	0.077	0.030	0.289	<0.000	0.097	0.005
	(0.033)		(0.064)		(0.035)		(0.060)		(0.034)	
ln(Capital/ha)	0.032	0.046	0.039	0.070	0.041	0.025	0.043	0.046	0.038	0.059
	(0.016)		(0.021)		(0.018)		(0.021)		(0.020)	
ln(Labor/ha)	0.060	0.213	0.043	0.450	0.163	0.006	0.034	0.549	0.108	0.141
	(0.048)		(0.056)		(0.056)		(0.057)		(0.073)	
Dummies										
Brgy2	-0.184	<0.000	-0.241	0.001	-0.232	<0.000	-0.238	<0.000	-0.151	0.014
	(0.047)		(0.066)		(0.050)		(0.060)		(0.061)	
Brgy3	-0.146	0.003	-0.049	0.421	-0.244	<0.000	-0.045	0.423	-0.251	<0.000
	(0.048)		(0.061)		(0.055)		(0.056)		(0.064)	
Constant	3.014	<0.000	2.355	<0.000	2.787	<0.000	2.464	<0.000	3.097	<0.000
	(0.301)		(0.448)		(0.325)		(0.415)		(0.386)	
Modeling index										
Mean VIF	1.23		1.14		1.30					
Breusch-Pagan (ch^2)	0.020	0.888	0.020	0.897	0.300	0.583				
IM-test (ch^2)	15.52	0.558	10.01	0.903	15.12	0.587				
RESET	0.810	0.493	1.510	0.231	0.480	0.699				
LL-trst of $\sigma_u^2=0$							0.210	0.323	0.410	0.260
R-squared	0.408		0.551		0.463					
Log-likelihood							21.46		25.04	
Sample size	84		43		41		43		41	

もし、技術的非効率性が存在すれば、それは平均生産関数では把握しきれていない要因によって規定されているはずである。肥培や除草のタイミングなど農家固有の技術の問題は計量しにくく、非効率性の原因になっていることも多い。その場合は、技術を普及させる活動を通して、平均反収を上げることが可能となる。しかし、本サンプルの場合には、その様な技術的差異は観測

されておらず、反収の増加には、肥料、資本、労働といった生産要素を物理的に増加させる必要がある。

4) 農家意識の分析

これまでの分析により、フィリピン国内において、今後バイオ燃料への需要は増大することが予想され、それに見合う原料を提供するためにはサトウキビの増産が必要であることが示された。そして、サトウキビの生産性を向上させる余地は大きいものの、肥料を中心とした生産要素投入の増加や作付面積の拡大など、増収は物理的な手法に依存せざるを得ない構造であることが分かった。では、その様な要請に対し、農家はどのような行動を取りうるだろうか。この節では、生産関数分析ではとらえきれない、農家意識の問題を取り上げる。

意識調査の結果は、表11にまとめられている。ここで、Survey Iは、2007年に行った小規模農家調査をさし、Survey IIは、2008年の中大規模の農家調査をさしている。

項目a) Major production problemsは、サトウキビを生産する上での障害がどこにあると感じているかについて回答者に自由回答方式で列挙してもらい、それをカテゴリー化して分類し、調査ごとに上位5位（同数のため6つ）について掲載した。集計結果は、生産拡大の阻害要因として当座の資金不足（Capital Shortage）を挙げる農家が圧倒的であった。しかし、その数は、規模の大きな農家では少なくなっている。同時に、注目すべきは、Survey IIの小規模の比率（73%）が、Survey Iの比率（76%）と類似していることである。Survey IIの小規模の栽培面積は10～22haと、1ha程度のSurvey IIに比べかなり大きい、生産上の予算制約は依然として強いことを表している。

Survey Iでは、道路整備状況の悪さ（Bad road condition）が挙げられている。この回答は、Survey IIでも上位にきている。前節までの生産関数分析は、収穫と荷積みまで、即ち圃場段階での分析対象としたが、バイオ燃料の供給システム全体を考える場合は、日常的な資材などの運搬やサトウキビの圃場外への運び出しなどの部分も重要な要素になる。生産全体の効率性の向上には、道路整備が必須かもしれない。

また、Survey IIでは、近年の異常気象（Bad weather condition、内容は雨期の長期化、日照不足、干ばつなど様々）などを挙げる農家が多かった。地球温暖化が進む中で問題が深刻化する可能性もあり、環境変化に応じた品種の改良や水不足に強い灌漑施設の整備などの多角的な対策が待たれている。その他、特徴的なこととして、Survey Iでは土地の制約が強いのにに対し、Survey IIでは労働者不足を生産制約に挙げている。抱えている問題点が農家規模で違うことは、生産振興を図る際に注意しなくてはならない。

価格動向についての認識（どうとらえ、どう予測しているか）を知ることは、今後の農家行動を予測する上で重要な情報になる。項目b)には、ここ5年間の価格トレンド（Perceived trend of price in the last 5 years）と今後5年間の価格トレンド（Expected trend of price in the next 5 years）について、農家の主観的評価を聞いた結果がまとめられている。表には、「上昇傾向（upward）」と「下落傾向（downward）」と明確に回答したものの数を示しており、合計が100%に満たない分は「変化なし」や「分からない」といった回答に対応する。

表11 サトウキビの生産およびバイオ燃料に関する農家意識

Items	Survey I		Survey II					
	(40)		Total (86)		Larger (43)		Smaller (43)	
a) Major production problems								
Capital shortage	31	(75.6)	51	(60.7)	21	(48.8)	30	(73.2)
Bad road condition	6	(14.6)	11	(13.1)	5	(11.6)	6	(14.6)
Lack of facilities (Irrigation, Postharvest, etc.)	5	(12.2)	9	(10.7)	6	(14.0)	3	(7.3)
Bad weather condition	3	(7.3)	23	(27.4)	15	(34.9)	8	(19.5)
Needs for new variety	5	(12.2)			-			
No more arable land	4	(9.8)			-			
Bad geological/topological conditions	-		11	(13.1)	7	(16.3)	4	(9.8)
Labor scarcity	-		9	(10.7)	3	(7.0)	6	(14.6)
b-1) Perceived trend of price for the last 5 years								
Upward	10	(25.0)	59	(70.2)	26	(60.5)	33	(80.5)
Downward	2	(5.0)	13	(15.5)	8	(18.6)	5	(12.2)
b-2) Predicted trend of price in the next 5 years								
Upward	-		23	(27.4)	16	(37.2)	7	(17.1)
Downward	-		52	(61.9)	22	(51.2)	30	(73.2)
c) Reaction to rising sugar price								
Immediately increase area planted	11	(27.5)	46	(54.8)	29	(67.4)	17	(41.5)
Increase, but wait for at least a year	5	(12.5)	12	(14.3)	5	(11.6)	7	(17.1)
Increase, but wait for a couple of years	3	(7.5)	15	(17.9)	6	(14.0)	9	(22.0)
No intent to increase area planted	21	(52.5)	11	(13.1)	3	(7.0)	8	(19.5)
d) Have you heard of 'global warming'?								
Yes	30	(75.0)	66	(78.6)	34	(79.1)	32	(78.0)
e) Have you heard of 'biofuels'?								
Yes	33	(82.5)	67	(79.8)	37	(86.0)	30	(73.2)
f) Are you aware of the relationship between biofuels and global warming?								
Yes	23	(57.5)	20	(23.8)	7	(16.3)	13	(31.7)
g) Do you agree that sugarcane should be used as biofuel, not for sugar?								
Yes, strongly	20	(50.0)	52	(61.9)	32	(74.4)	20	(48.8)
Yes, somewhat	17	(42.5)	15	(17.9)	5	(11.6)	10	(24.4)
No, not so strongly	2	(5.0)	7	(8.3)	3	(7.0)	4	(9.8)
No, not at all	1	(2.5)	4	(4.8)	1	(2.3)	3	(7.3)
Don't know	0	(0.0)	6	(7.1)	2	(4.7)	4	(9.8)

Sample characteristic of survey I is described in the sub-section a), while survey II is in the sub-section b).

特徴的なのは、小規模農家（Survey I）では、価格の変動トレンドがあまり意識されていないことである。上昇傾向もしくは下降傾向と答えたのは、わずか30%である。他方、Survey IIでは、9

割弱の回答者がトレンドを認識しており、中でも、上昇傾向と答えている人が多い。現実との整合性をみるため、図8にFAOSTATの資料から作成したフィリピンにおけるサトウキビ価格の推移を示した。近年、サトウキビ価格は上昇傾向にあることが分かり、平均的にみて農家の認識はマクロデータに即したものと見える。しかし、Survey IIの大規模では、2割弱の農家が下落トレンドにあると認識している。農家個々の価格変動は、サトウキビの質（糖度）などによっても大きく変化するために、一概に「現実を反映していない」ということは出来ない。しかし、我々は、正反対の認識を持つ人が多くいるということ意識すべきである。

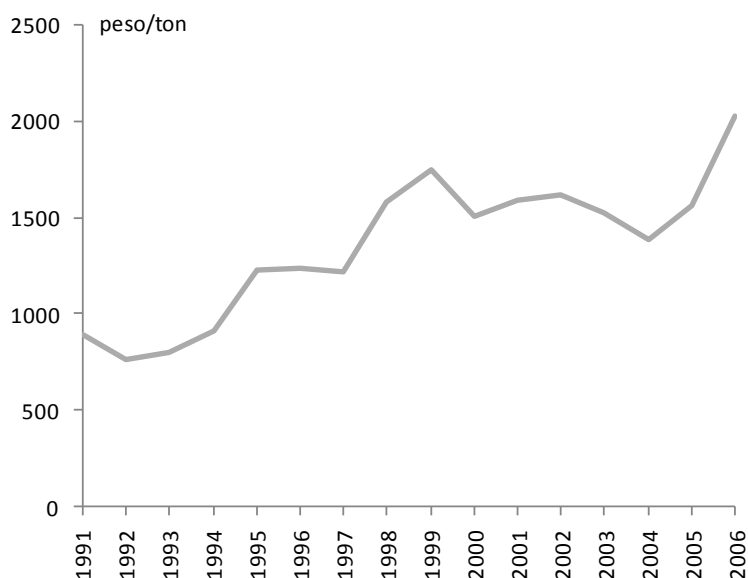


図8 フィリピンにおけるサトウキビ価格の推移
出典：FAOSTAT

他方、価格トレンドの予測については、総じて悲観的な人が多いが規模間に明確な違いがある。Survey IIの小規模に着目すると、過去の価格トレンドは上昇傾向にあるものの、将来的には下落傾向にあると考えている人が多い。即ち、ここ数年の価格上昇は一過性であり、バイオ燃料の価格を構造的に押し上げるものではないと考えていると解釈出来る。他方、大規模では、価格上昇を期待出来ると回答するものも多い。ビジネスチャンスとしてとらえているのであろう。なお、Survey Iでは、この調査項目を設けていない。

では、バイオ燃料による需要拡大などが起こり、価格の上昇が見込める場合に、面積の拡大の意思はあるかを聞いた（項目c：Reaction to rising sugarcane price）。回答は、すぐに面積を拡大する意思がある（Immediately increase area planted）、面積を拡大する意思はあるが、少なくとも一年は様子を見る（Increase, but wait for at least a year）、面積を拡大する意思はあるが、数年間は様子を見る（Increase, but wait for a couple of years）、面積拡大の意思は全くない（No intent to increase area planted）の4つから一つを選ぶ形式とした。明確な傾向は、規模の小さい農家ほど現状維持が多く、規模の大きな農家ほどサトウキビ価格の上昇に応じて栽培面積を拡大する意向が強くなることである。この結果は、小規模農家ほど予算の制約が強いことに加え、リスクをとれない状況にあることを示唆している。この項目については、後に再度取り上げる。

項目d) からf) にかけては、温暖化やバイオ燃料に対する知識を聞いている。どちらの調査でも、およそ8割程度の農家が地球温暖化という言葉を知っている (d) *Have you heard of 'global warming'?*)。近年の異常気象に対する農家の関心は高く、その関連で地球温暖化のことを知っている人が多いようだ。バイオ燃料という言葉を知っていると回答した人も多く、Survey IIの小規模のケースを除いて、地球温暖化の認知度を上回っている (e) *Have you heard of 'biofuels'?*)。サトウキビがバイオ燃料の原料になることについては、講習会等の場でも取り上げられているようであった。しかしながら、バイオ燃料と地球温暖化の関係 (バイオ燃料が地球温暖化対策の1つであるということ) を知っている人は、とても少ない (f) *Are you aware of the relationship between biofuels and global warming?*)。特に、Survey IIの大規模農家で低くなっている。規模間格差の背景は十分に把握できていないが、環境面にも配慮した持続的な生産を行うには、サトウキビの栽培が地球環境問題の解決に貢献しているという意識を農家段階でももつことが重要かもしれない。

項目g (*Do you agree that sugarcane should be used as biofuel, not for sugar?*) は、サトウキビを食用以外の用途に転用することに心理的な抵抗がどの程度あるかを聞いたものである。設問に対する同意の程度を、強く同意する (*Yes, strongly*)、やや同意する (*Yes, somewhat*)、あまり同意しない (*No, not so strongly*)、全く同意しない (*No, not at all*) の4段階で聞いた。なお、廃糖液を使う場合は砂糖との競合は少ないが、ここでは砂糖と直接的に競合するケースを想定している。集計結果をみると、ほとんどの人が砂糖以外の用途に仕向けることに同意しており、特に大規模農家では、「強く同意する」が圧倒的に多くなっている。大規模農家のバイオ燃料生産に対する積極的な姿勢が読み取れる。

さて、ここでもう一度、面積拡大意向の設問を取り上げ、背景にある因子 (観測変数と潜在変数) との関係を検討する。なお、ここで説明するのはSurvey Iのデータについてである。Survey IIでは、面積規模とともに面積拡大意向が強くなるという以外に統計的に有意な関係を見いだしていない。

分析には、構造方程式モデリング (SEM) を用いた。回答者の主観的評価に関わる変数は、それぞれが内生的な関係にあり因果関係が明確ではなく、経済モデルでは扱いにくいことが多い。SEMの利点は、観測変数間の共通性を抽出した概念変数を導入することが出来る点にある。また、分析には、新たに「情報源の数 (Information source)」という変数を導入した。これは、農家が、生産技術や市場情報をいくつのチャンネル (例えば、SRA、行政、製糖工場、農業者組合、知人など) から得ているかを調べたもので、サトウキビの栽培と販売に関する積極度を測る変数として捉えている。また、Ageは回答者の年齢、Educationは教育年数を表す。また、Global warmingは表11の項目d)、Biofuelは項目e)、Relationは項目f) に対応しているが、次の点で異なる。Survey Iでは、この質問は、3段階 (「Yes, very well」、「Yes, somewhat」、「No」) で調査をしている。しかし、表11では、Survey IIの設問と整合させるため、「Yes, very well」と「Yes, somewhat」とを統合して「Yes」として掲載した。ここでは、元の状態に戻した上で、「Yes, very well」に3、「Yes, somewhat」に2、「No」に1を割り当てて変数化した。また、Reactionは項目c) に対応するもので、「Immediately increase area planted」に4、「Increase, but wait for at least a year」に3、「Increase, but wait for a couple of years」に2、「No intent to increase area planted」に1を対応させている。

図9に、計測結果をパス図として示した。図中の***、**は、それぞれ推定された係数が1%、5%の水準で統計的に有意であることを表している。どのパスが有効なものであるかはt値により判断

し、最も適合度の高いモデルを採用した。一般に、GFIは0.9以上、RMSEAは0.05以下が“当てはまりの良いモデル”とされる。推計結果はこれをやや下回っているが、全ての回帰係数は統計的に有意であり、総じて満足出来るものと思われる。なお、観測変数は四角で、潜在変数は楕円で示されている。

このモデルでは、意識の高さ(Awareness)を潜在変数として扱った。この変数は、Global warming、Biofuel、Relationの間にある潜在因子として捉えられるが、それらは年齢と教育年数と正の相関があるため、一括して扱った。係数をみると、教育年数の高さや意識の高さは正の関係にあるが、年齢とは負の関係になっている、すなわち、教育を受けている人ほど環境問題に明るいという傾向を示している。

モデルの後半の部分は、意識の高さ、耕作面積(Area planted)、情報源数(Number of information sources)が、Reactionを規定する関係になっている。意識の高さの係数は負、その他は正に有意であった。Reactionは、積極的に耕地を拡大したいと思うほど大きな値をとるようにセットされている。販売環境の変化に対する態度は農民間で一様ではなく、規模が大きい農家、積極的な情報収集をしている農家、そして「意識の高さ」が低い農家ほど、耕作面積の拡大意志が強くなる傾向があることが分かった。大規模で積極的に情報収集をしている農家は、地域で中心的な位置を占めるケースが多い。したがって、彼らの耕地拡大に対する積極的な態度が、村内の他者に波及していく可能性は高いであろう。また、農家規模が大きいほど資本制約がゆるくなり、それがReactionを規定する構造も想定されたが、農業収入とReactionとの間には統計的に有意な関係は検出されなかった。

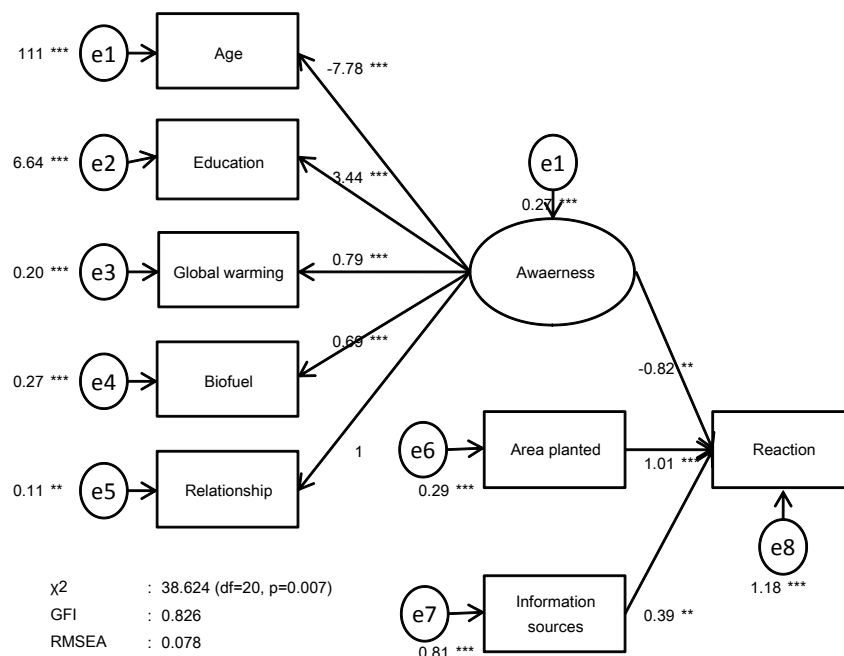


図9 SEMによる農家の面積拡大意向の分析 (Survey I, n=40)

(3) サトウキビ園の分布と変化

最後に、衛星データを用いた土地利用データを元に、サトウキビ園の分布とその変化を分析す

る。どのような条件のところにも面積拡大の影響が出やすいかの特定を試みるためである。対象としたのは、東ネグロス島の一部、サンカルロス市を中心とした73km²の地域である（図10）。

サンカルロス市周辺を分析対象地域としたのは、バイオエタノール生産に伴い、サトウキビの作付けに変化があることが期待されたためである。サンカルロス市は、サトウキビへの依存度が高い地域である。しかし、市内の製糖工場（San Carlos Mill）は操業を停止しており、農家は、距離的に離れた工場へサトウキビを持ち込まなければならない。その様な利便性の悪い状況下では、サトウキビの面積的な拡大はあまり起こっていないものと期待された。その一方で、近年、市内でバイオエタノール生産工場の建設計画があり（SCBI：San Carlos Bioenergy Inc.、2008年末に操業開始予定）、需要拡大と利便性の改善に伴う作付けの増加が期待された。SCBIの生産能力等の情報は以下の通りである。

- ・ 出資者： Bronzeoak（HeadOffice：UK）
- ・ 枠組み： 小規模CDM
- ・ 生産規模： 125thou. liter/day
- ・ 操業期間： 9ヶ月
- ・ 供給先： Petron
- ・ 原料必要量： 320thou. ton（サトウキビ重量）
- ・ 原料調達方式： 生産農家との直接契約

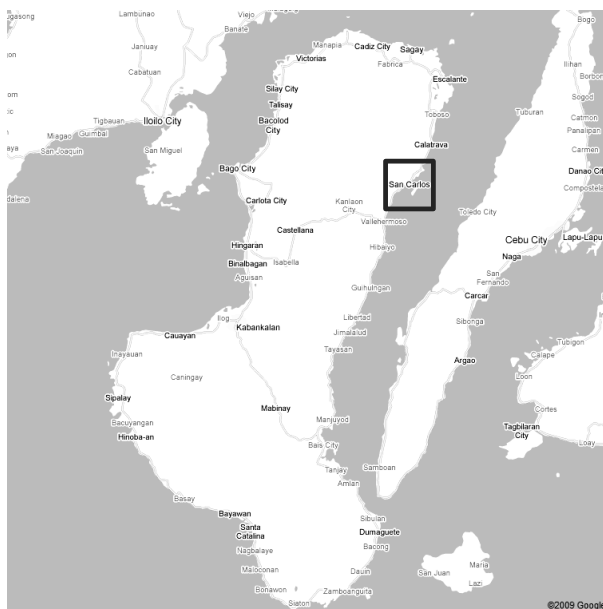


図10 土地利用分析の対象地区

衛星画像は、2005年（QuickBird）と2008年（ALOS）のものを入手した。利用した衛星が異なるのは、当該地域の画像データの利用可能性と予算的な問題によるものである。入手した画像データに対し、各種補正処理を施した後、ソフトによる自動分類処理を行った。衛星データの詳細は、

以下の通り。

【2005年】

- ・衛星： QuickBird
- ・解像度： パンクロ0.61m、マルチ2.44m
- ・撮影年月日： 2005年5月6日

【2008年】

- ・衛星： ALOS (PRISM/AVNIR-2)
- ・解像度： パンクロ2.5m (PRISM)、マルチ10m (AVNIR-2)
- ・撮影年月日： 2008年4月19日 (PRISM)、2008年6月4日 (AVNIR-2)

【共通】

- ・オルソ補正・標高 Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 90m DEM

なお、植生の自動判別を行った後、Google Earthによる目視確認と現地調査から得たデータとを用いて誤判読を修正した。ここでの主な課題は、当該地区で栽培されている米や果樹（マンゴー、ランブータン）やココナッツなど農作物との誤判読がないか、サトウキビの収穫直後の圃場が荒地や草地と誤判読されていないかを検証することにある。これらをGoogle等の衛星画像を目視で見分けることは比較的容易であった。そこで、まずこの方法によりシステムティックな誤判読のパターンを特定した。そして、更に、現地調査により精度を高めた。

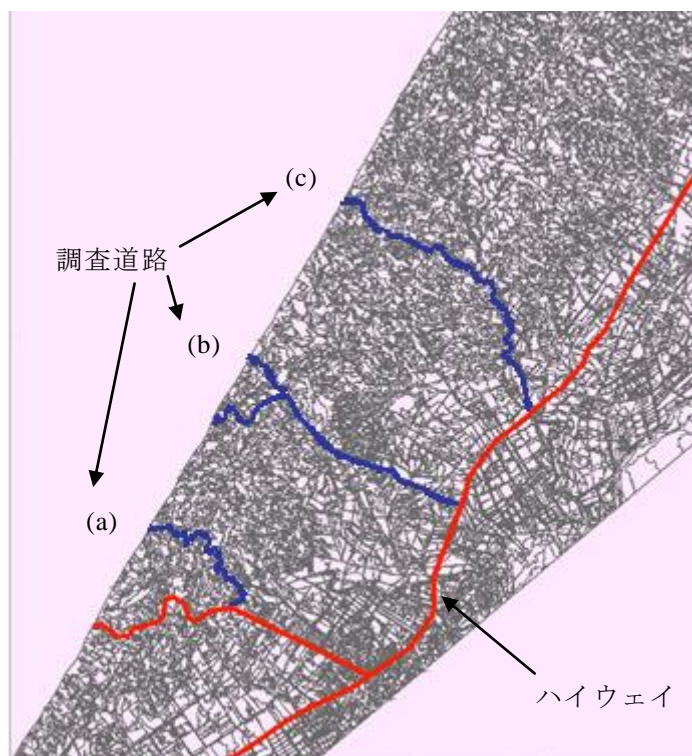


図11 現地調査の対象地域

現地調査は、2007年12月と2008年11月に行った。現地では、道路状況と移動手段の事情があまりよくないため、主要な道路沿いにGPSで位置を記録しながら周辺の映像を撮影し、実際の土地利用状況を調査した（図11）。11月～12月は収穫が始まった時期で、収穫前と収穫後の圃場状況も確認することが出来る。

調査で明らかになった、各道路の特徴を次にまとめる。まず、「ハイウェイ」は、平地部に位置しこの地域の幹線道路となっている。周辺にはサトウキビの圃場が広がり、沿岸部に向かって、バイオエタノール工場や住宅地などの構造物、養殖池が広がっている。2006年まで広大な荒地だったところが、SCBIへの原料供給のためサトウキビ耕作地に転換している地点を確認した。「調査道路（a）」は、勾配は急で、サトウキビはハイウェイに近い部分にしか見受けられない。「調査道路（b）」は、勾配は緩やかであるが、サトウキビの広がりはいくつかある。1980年代～90年代の砂糖の不況の時代に、サトウキビ耕作地が減少し、国営林や荒地になっているところが多い。「調査道路（c）」勾配は急であるが、標高250m地点でもサトウキビ畑が広がっている。調査道路から1km程度離れている地点でもサトウキビ栽培が認められる。

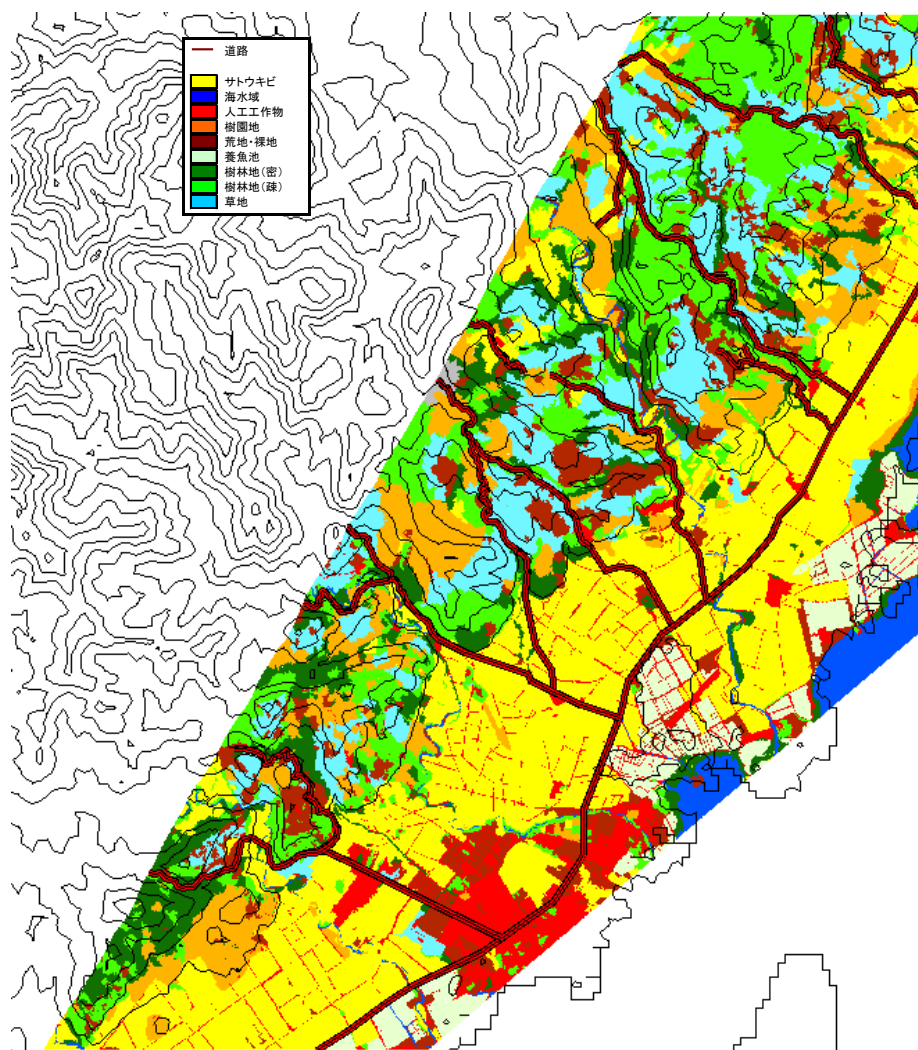


図12-1 土地利用（全体、2008年）

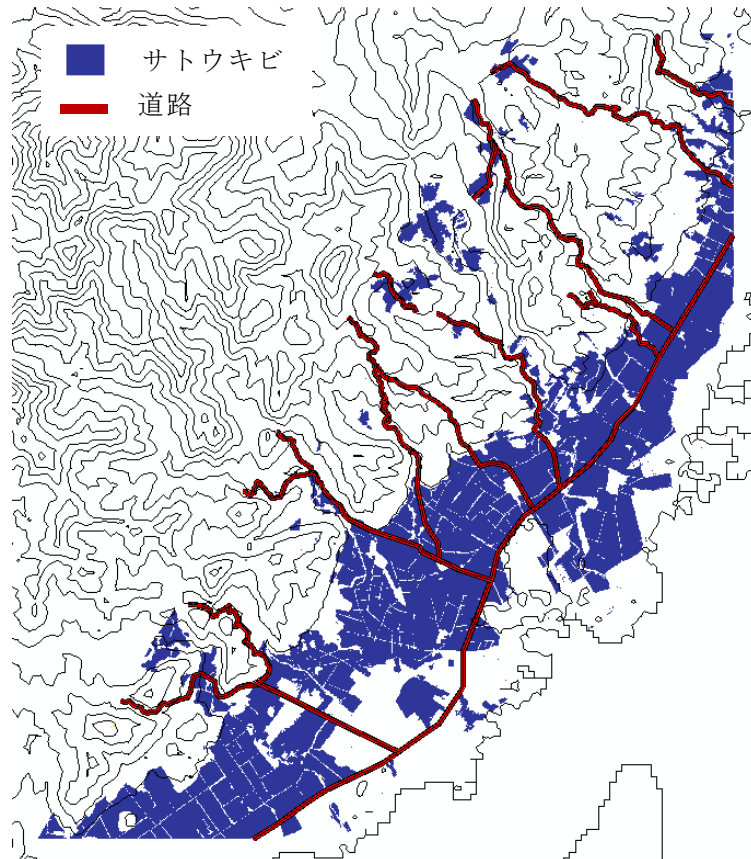


図12-2 土地利用 (サトウキビ、2008年)

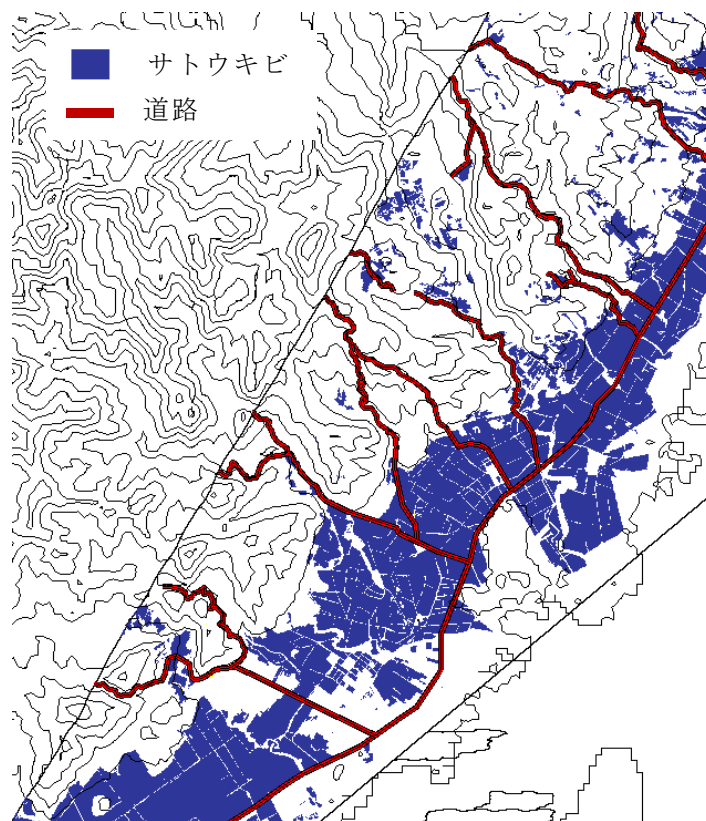


図13 土地利用図 (サトウキビ、2005年)

この様なプロセスを経て作成した2008年の土地利用を図12-1と図12-2に示す。図12-1は判別したものの全てで、図12-2は、見やすくするためにサトウキビの部分だけを取り出したものである。更に、対応する2005年のサトウキビの分布図を図13に示す。2005年については、時間をさかのぼった検証は出来ないため、2008年の誤判読パターンを用いて修正を行うこととした。従って、現地調査の入っていない植生については、特に精度が劣るためここでは提示しない。一見して明らかのように、サトウキビ園は平地部一面に広がっている。2008年と2005年を比較すると、左下の道路周辺でサトウキビが増えていることが分かる。現地調査で把握した、「2006年まで広大な荒地だったところが、SCBIへの原料供給のためサトウキビ耕作地に転換している地点」に対応する。

土地利用図において、平地部（等高線のない場所）に初めて等高線が現れるのが、標高50mである。この50mの等高線を境にサトウキビ園が急速に少なくなり、サトウキビに加えて、林地、草地、荒れ地、樹園地（ココナッツ）としての土地利用がなされている。2008年と2005年を比較すると、サトウキビ園は、2005年の面積の方が少ないものの、両年とも、標高が高く道路条件が悪いエリアに圃場が広がっていることが分かる。なお、図14は現地調査で撮影したもので、図14-1は平地にはサトウキビ畑が広がり、その背面がすぐに山地になっている様子、図14-2は、ハイウェイから少し離れた山中に確認できたサトウキビ園の様子を示している。



図14-1 平地部の様子



図14-2 山地部の様子（右は拡大図）

次に、この様なサトウキビ園の変化の様子を統計的に分析する。平地では、若干の荒地がある程度で遊休地はあまりない。もし、この荒地がサトウキビ園になったとしても、大きな環境負荷の変化にはならないと思われる。ここでは、森林の直接的破壊につながりうる行動、即ち、標高の高い部分にどの程度サトウキビ栽培が入りやすいかということを知ることに関心がある。そこで、以下の回帰分析では、標高50m以上の地域を対象を限定することにする。

分析手法は、まず、土地利用のポリゴンデータを90mのメッシュに切り、各メッシュ内のサトウキビ面積を算出する。それを用いて、空間相関があるか否かを検討した後、空間相関の有無に応じた統計手法により、サトウキビ面積と、標高および主要道路からの距離の間に統計的に有意な関係が見出せるかを検討する。なお、変数「標高」は、各メッシュ中心部の標高を表す。また、変数「道路距離」は、図12・図13で明示された主要道路から各メッシュの中心までの距離を、0～200m以内、201～400m以内、401～600m以内、601m以上の4カテゴリーで判別させ、それぞれを200m、400m、600m、1200mで代表させて連続変数としたものである。

図15、図16は、前述した方法でメッシュ化したサトウキビ面積のデータを図示したものである。赤く（色が濃く）現れているメッシュほど、サトウキビ占有率が高い百分位に分類されている。2005年に比べ2008年では、その様な赤いメッシュが高度の低い部分と高い部分の双方に多く現れていることが分かる。

サトウキビ面積の関連因子を特定化するに先立ち、空間相関の有無をMoranのIを用いて検討する。（Global）MoranのIは、空間自己相関の程度を計るための指標であり、次式で定義される。

$$I = \frac{z'Wz}{z'z}$$

ここで、 z は分析対象の変数ベクトル（平均からの偏差で表示）、 W は重み行列を表す。Iは、通常の相関係数と同様に-1から1の間の数値を取り、絶対値で1に近いほど強い相関を表す。ただし、Iがマイナスの領域にある場合は類似性の低いものどうしがクラスター化されており、プラスの場合は類似性が高いものどうしがクラスター化されていることを示している。 W は様々な方法で定義出来るが、ここでは、2メッシュ間の距離を測定し、任意に設定した閾値距離により短いものについて近隣効果が働くものとした。

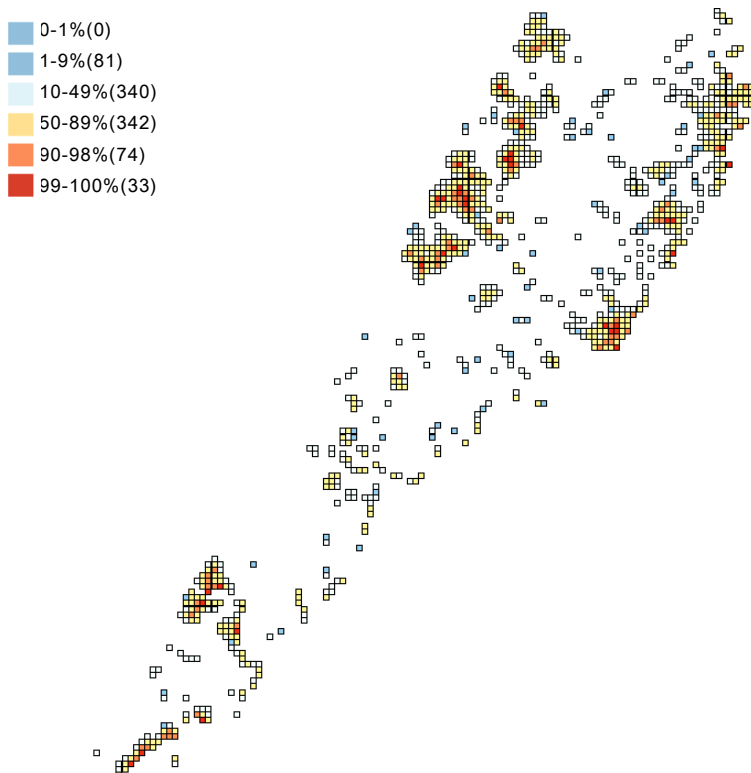


図15 サトウキビ園の分布（メッシュデータ，2008）

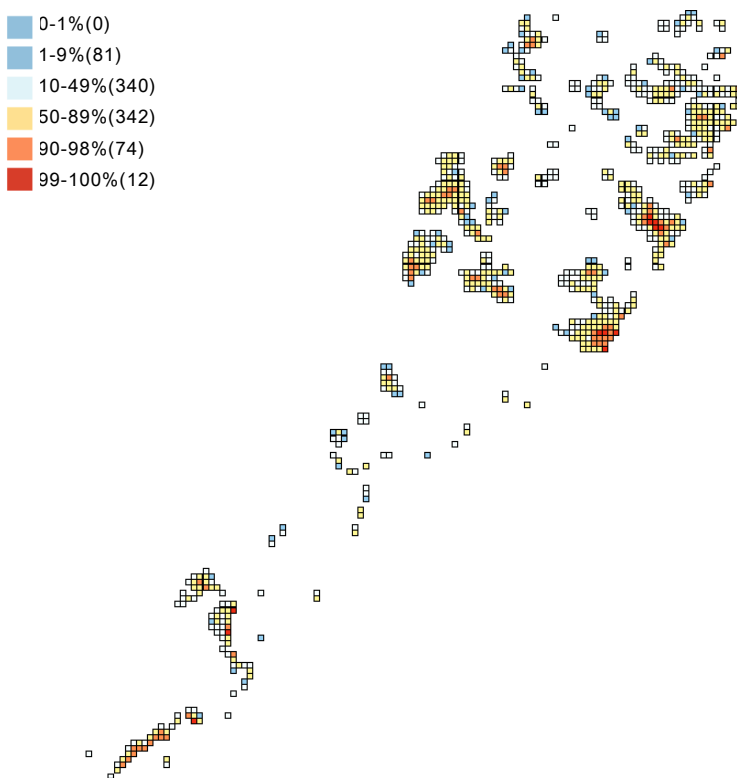


図16 サトウキビ園の分布（メッシュデータ，2005）

図17は、空間相関の強さをみたものである。図17-1は閾値距離を100mに、図17-2は閾値距離を1000mにしたものである。100mの時のMoranのIは0.60と高く、空間自己相関が強く残っていることが分かる。閾値を100mとした場合は、この傾向が強くなる。他方、1000mまで近隣効果を認める範囲を拡大するとMoranのIの値が0.14まで減少する。このことは、サトウキビの栽培面積が空間相関を持つデータであることを示しており、これを従属変数とする通常のOLS分析は、偏った推計値を与える可能性が高い。

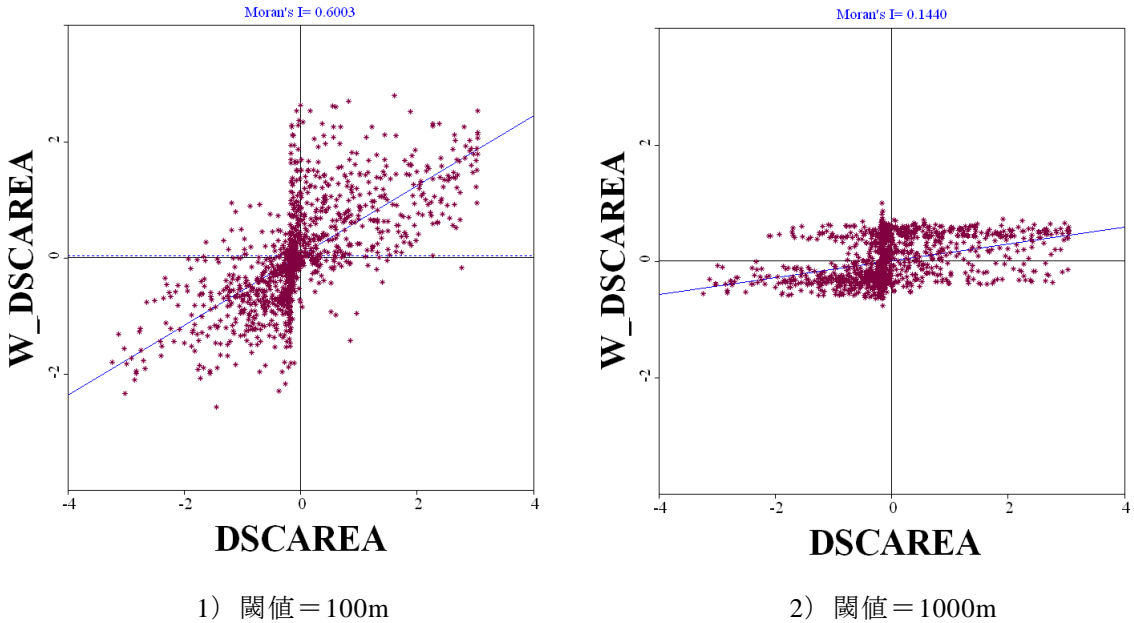


図17 サトウキビ面積の空間相関図

回帰分析にあたり、次の関数を想定する。

$$y = X\beta + \varepsilon$$

ここで、yはサトウキビ面積の変化、Xは説明変数のベクトル（具体的には標高と道路からの距離）、εは誤差項を表す。OLS残差にも空間自己相関存在が認められたため、更にεを次のように特定化する。

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + \zeta$$

Wは前述の重み行列、λは未知のパラメータ、ζは空間的に相関していない均一分散に従う確率変数を表す。λが有意でなければ、通常のOLSに帰着する。

結果を表12に示した。図15・図16において、標高の低い部分と高い部分の2つの地域にサトウキビ園の多い場所が観察されたため、説明変数に2次の項を入れている。パラメータλは、統計的に高度に有意であり、空間誤差モデルが機能していることが分かる。道路距離は、1次、2次の項ともに統計的に有意ではなく、主要道路からの距離が離れていてもサトウキビ園は増加する可能性

が高い。一方で標高は、1次は負の符号で2次の項は正の符号で、共に、少なくとも5%の水準で統計的に有意であった。これにより、標高が上がるとサトウキビ園が増える局面があることが分かる。標高のサトウキビ面積変化に対する弾力性を、 y の平均値周りで計算したものが図18である。標高190mの辺りで増加に転じ、215mの辺りで弾力的に増加するようになる。なぜ中程度の標高の地域にサトウキビ園が増えていないかは、現在我々が持っている資料では答えることが出来ない。しかし、ここで重要なことは、標高が高くとも面積増加がかなり弾力的に起こりうるということ認識することである。

表12 サトウキビ面積変化の要因分析 (Spatial error model - ML estimation)

Variable	Coeff.	Std.Error	z-value	Prob.
Elevation	-15.54	5.720	-2.717	0.007
Elevation ²	0.041	0.019	2.140	0.032
Distance	-0.294	1.160	-0.253	0.800
Distance ²	0.000	0.001	0.314	0.753
CONSTANT	1530	600.0	2.550	0.011
LAMBDA	0.833	0.046	18.11	0.000
R-squared	0.151			
Log likelihood	-11947			
AIC	23903			
No. of Obs.	1302			

Dependent Variable: Variation of sugarcane area between 2008 and 2005

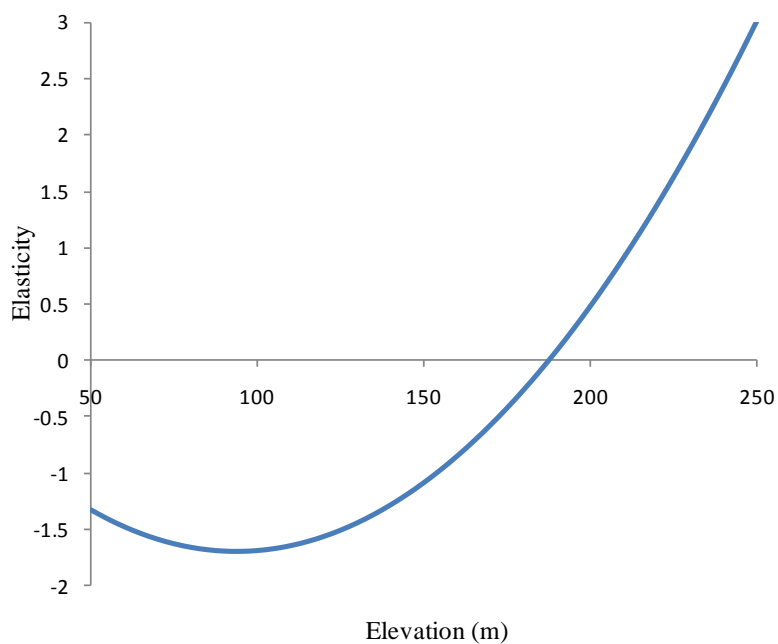


図18 サトウキビ園面積変化に対する標高の弾力性

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

フィリピンの現地調査からサトウキビの生産構造と農家意識の構造を統計的に明らかにし、定量的な把握を可能にした。具体的には、同地域のサトウキビ生産は、基本的には同一の生産技術であるものの施肥と労働投入の効果に規模間の差異が認められること、生産量を増大させるには生産要素投入の直接的増加に頼らざるを得ない構造であること、生産制約や面積拡大意向に農家規模間の差異がみられることを示した。そして、まだ十分に分析が進んでいないフィリピン東ネグロス州におけるサトウキビを中心とする土地利用の状況を、衛星画像の解析から明らかにした。道路条件が悪く相対的に標高の高いエリアにも、サトウキビが広がる可能性があることを示した。

(2) 地球環境政策への貢献

本研究の成果は、これまでに明らかにされることの少なかった日本とアジア諸国とのバイオ燃料生産と利用の拡大に関する議論に、途上国の原料生産現場におけるミクロ的な分析から得た知見を新たに加え、更に、それらを社会科学的視点から整理・検討することで、持続的なバイオ燃料普及政策の課題と方策を提示した。

6. 引用文献

- (1) Lotilla, Raphael P. M. (2007) "Biofuels Initiatives in the Philippines," presented at California Biomass Collaborative 4th Annual Forum, Sacramento, California, the United States, Mar. 27.

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Atsushi Maruyama, Albert P. Aquino, Xandra B. Dimaranan and Satoshi Kai. (2009) "Potential of Biofuel Crop Production in the Philippines: A Preliminary Analysis," HortResearch 63, 67-76.

(2) 口頭発表

- 1) Satoshi Kai, Atsushi Maruyama, Masanobu Kii, and Albert P. Aquino. (2008) "Sugarcane Production of Small-scale Farmers and Their Perception Related to Biofuel: A Case of Negros, the Philippines," The 6th Conference of the Asian Society of Agricultural Economists, Manila, Philippines.

- (3) 出願特許 なし
- (4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの） なし
- (5) マスコミ等への公表・報道等 なし
- (6) その他 なし