

# ブラジルにおけるサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度 ：背景，内容，評価

小 泉 達 治

## 要 旨

ブラジルは世界最大の砂糖生産・輸出国であるとともに、世界最大のバイオエタノール輸出国である。ブラジルにおけるバイオエタノール・砂糖の原料はサトウキビである。これまでも、ブラジルのサトウキビは、バイオエタノール・砂糖の国内・国外からの需要の増加から生産量が增大してきた。そして、今後もサトウキビ生産の増加が連邦政府により、計画されている。しかし、こうしたサトウキビ栽培面積の拡大が、環境規制区域である法定アマゾン地域、パンタナル地域およびパラグアイ川流域における環境への影響を危惧する声が国際的に高まったことから、ブラジル連邦政府としては、持続可能なサトウキビ生産を誘導する指針・法整備が必要となった。このため、ブラジル連邦政府では、行政命令 6961 号によるサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度が 2009 年 9 月に決定されるとともに、サトウキビ生産における持続可能性確保を目指した法律案第 6077 号が同年同月に国会へ提出された。サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度については、サトウキビ栽培拡大に適した土地を適性の種類ごとに明示したが、これは、ブラジル連邦政府として、持続可能なサトウキビ生産体制の構築に向けた第一歩である。しかし、現行のサトウキビ栽培拡大に適した面積は、適性が低い農地や牧草地および農牧地が含まれており、適性地域があまりに広範過ぎると言わざるを得ない。また、同制度は規定に違反した場合の罰則規定がないため、同制度の実効性が疑問視される。さらに、法律案第 6077 号についても、成立後、同法の施行規則や行政命令として、生物多様性への配慮の基準、土地所有問題、食料供給への配慮についてこれらの基準をどこまで明確化することができるかが重要である。今後、必要とされるのは、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度を十分に遵守していく体制を構築していくことである。現行の衛星等を活用したモニタリング体制については、ブラジル連邦政府のみの対応では限界があると考えられるため、国際的な協力体制が必要不可欠である。

## 1. はじめに

ブラジルは世界最大の砂糖生産・輸出国であるとともに、世界最大のバイオエタノール輸出国である。ブラジルにおけるバイオエタノール・砂糖の原料はサトウキビである。これまでも、ブラジルのサトウキビ生産は、バイオエタノール・砂糖の国内および海外からの需要の伸びから生産量が增大してき

た。そして、今後もバイオエタノール・砂糖の需要増加を受けて、サトウキビ生産量の拡大、特に栽培面積の拡大が連邦政府により計画されている。しかし、2005 年以降、ブラジルではバイオ燃料生産が急拡大したため、サトウキビの作付面積が拡大し、法定アマゾン地域<sup>(1)</sup>等にも波及している兆候があった。こうしたサトウキビ栽培面積の拡大が、環境規制区域であるアマゾン地域、パンタナル地域<sup>(2)</sup>およびパラグアイ川流域における環境への影響を危惧

する声が国際的に高まったことから、ブラジル連邦政府としては、環境に配慮した持続可能なサトウキビ生産体系を今後、構築していく必要性が高まった。こうした状況下、ブラジル連邦政府では、行政命令6961号によるサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度が2009年9月に決定されるとともに、サトウキビ生産における持続可能性確保を目指した法律案第6077号が同年同月に国会へ提出された。

ブラジルのサトウキビ生産の環境への影響に関しては、まずGranda Zhu and Holtzappple (2007)が、サトウキビ由来のバイオエタノールのライフサイクル的なエネルギー収支の分析を行い、エネルギー収支の向上には、セルロース系原料のエネルギーとしての活用が不可欠な点を論じた。Smeets et al. (2008)は、ブラジルにおけるサトウキビ由来のバイオエタノールによる、水質への影響を中心とした環境への影響と雇用に与える影響等について調査・分析を行い、持続可能性基準の設定の重要性を論じた。Martinelli and Filoso (2008)は、サトウキビ生産拡大による土壌への影響について調査・分析を行い、既存農地からサトウキビ生産に転換した場合の土壌に与える悪影響を指摘した。Macedo (2008)はサトウキビ由来のバイオエタノールのライフサイクル的なGHG(温室効果ガス)排出量およびエネルギー収支の値を計測し、ブラジルのバイオエタノールのエネルギー収支比が年々向上していることを明らかにした。清水(2008)は、サトウキビ増産による環境への影響について論じ、バイオエタノール生産拡大によるサトウキビ栽培の拡大は直接的にはアマゾンの森林を破壊しているわけではないものの、間接的にアマゾンの森林破壊につながる可能性を指摘した。

ただし、ブラジルにおいて、2009年に決定されたサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度および関連する法案第6077号に関する詳細な調査・分析を踏まえた考察はこれまでのところ行われていない。本研究では、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度および関連法案の内容を精査し、同制度の評価を行うことを目的としている。2では、ブラジルにおけるサトウキビ生産状況とその生産構造について、3では、サトウキビ増産とサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度について論じる。4では、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の諸課題とサトウキ

ビ増産による間接的土地利用変化の影響について論じ、5でまとめを述べる。

注(1) 法定アマゾン地域とは、アマゾン地域であるアパマ、アクレ、アマゾナス、バラ、ロライマ、 Rondôniaに加えて、トカンチス州の南緯13度以北、マラニオン州の西経44度以西、中西部に属するマットグロッソ州の南緯16度以北の3州を加えた9州にわたる地域である。

(2) パンタナルとは、ポルトガル語で「沼地」を意味し、その大部分がマットグロッソ州、マットグロッソ・ド・スル州に位置する。パンタナル地域には、12種類の生態系が存在しているとされており、2000年に「パンタナル自然保護地域」としてUNESCOの世界遺産に登録された。

## 2. 政策・需給・生産構造

### (1) サトウキビ・バイオエタノール・砂糖政策の展開

ブラジルで最初のサトウキビのプランテーションは1526年に開設されたことが確認されている。精糖業発展の発端は、1532年にポルトガル王が植民地を開くために派遣したマルチン・アフォンソ・デ・ソーザの探検であった。ポルトガル人は、大西洋のマデira諸島でサトウキビ栽培を経験しており、ブラジルで好適な土壌と気候を発見した。砂糖の主要な生産地は、北東部のペルナンブコの沿岸部分とバイア湾岸地域にあった。副次的な中心は北東部の沿岸地帯の他の場所や、マラニオン州の海岸、パラ州のペレン付近、バイア州の南部、サントスに近いサン・ビセンテに出現した。18世紀中ごろまで、ブラジルは世界の砂糖の大部分を生産した(ピエール・モンベーク著/山本・手塚訳, 1992)。20世紀以降は、コーヒー園からの転換、資本の集積、大消費地に隣接していること等から、サン・パウロ州およびパラナ州北部におけるサトウキビ・砂糖生産が増加した。現在では、サン・パウロ州は全国のサトウキビ、バイオエタノールおよび砂糖生産の約6割を占めている。

サトウキビからのバイオエタノール・砂糖政策に関して、連邦政府は、1931年に輸入ガソリンへのバイオエタノール混合(5%)の義務付けを行った。1933年には大統領令22789号に基づいて砂糖・アルコール院(IAA)<sup>(1)</sup>が設立され、政府はIAAを通じたバイオエタノール・砂糖市場への本格的な生産と貿易の規制を開始した。

1973年の第1次石油危機では、国際原油価格が4ドル/バレルから14ドル/バレルへと高騰した。このことは、当時、原油の76.9%を輸入に依存していたブラジルの経済に大きな打撃を与えた。このためブラジルでは1975年に大統領令76593号に基づき、自動車用バイオエタノール燃料の導入・普及を促進するプロアルコール（PROALCOOL）政策を開始した。

プロアルコール政策では、バイオエタノールの国内生産の拡大、需要促進を達成するため、IAAによる生産者買入価格および小売価格の固定、新規増設工場への低利融資が行われたほか、国営石油企業であるペトロbras社（Petrobras）に対してバイオエタノールの販売独占および一部流通独占権が与えられた。また1980年以降は含水エタノール<sup>(2)</sup>100%で走行するいわゆるアルコール車<sup>(3)</sup>に対する優遇税制措置や、バイオエタノール小売価格がガソリン小売価格に対して割安となるような優遇税制措置が適用された。このため、アルコール車の需要および含水エタノールの需要は増大し、バイオエタノールの生産量も1975年の55.6万kℓから1989年の1,192万kℓへと増大した（Ministério de Minas e Energia 2009）。

1975年から1990年にかけてのプロアルコール政策には123億ドルもの資金が投入された（Goldemberg 1996）。しかし、1986年以降は、国際原油価格が軟調に推移したため、その政策的意義が問われるようになった。さらに、1989年の国際砂糖価格の上昇に伴い、バイオエタノール・砂糖製造業者が砂糖を増産し、バイオエタノール生産を減少させたことから国内では深刻なバイオエタノール不足となった。このことが消費者のバイオエタノール・砂糖政策への不信を招き、アルコール車離れを加速化させ、バイオエタノールの需要量を低下させることになった。さらに、多くの中南米諸国では1980年代の債務危機の後、世界銀行やIMFが主導するネオ・リベラリズム<sup>(4)</sup>的経済政策が採用され、ブラジルでも貿易自由化、資本自由化、国営企業の民営化、税制改革を大きな柱とする構造調整が1990年代に本格化した。農業分野では1990年代より規制緩和、農業補助金の減額・廃止が行われた。バイオエタノール・砂糖についても、1990年にIAAが廃止されたことによりプロアルコール政策は終了し

た。そして、砂糖価格、販売および輸出の自由化が行われ、国内バイオエタノール・砂糖市場に対する政府介入は大幅に緩和された。

ブラジル連邦政府は、IAAの後身であるSRD（地域開発事務局）を通じて市場介入を続けたものの、1995年の砂糖の生産割当の廃止、1997年の無水エタノール<sup>(5)</sup>価格の自由化、バイオエタノール生産割当の廃止に加えて、ペトロbras社による販売独占および一部の流通独占権の廃止が行われた。さらには、1999年には含水エタノール価格およびサトウキビ価格の自由化が実施された。

以上のように、ブラジルにおいて長期にわたって実行されてきたバイオエタノール・砂糖の生産、流通、販売に関する政府からの介入の多くが1990年代に撤廃された。現在、残された政府介入としては、バイオエタノールと砂糖との需給を調整するために、農牧供給省令554号に基づいて農務大臣がガソリンへの無水エタノール混合割合を20～25%（プラスマイナス1%の変動も可）の範囲内で設定できる措置があり、2011年4月現在では、25%に設定されている。しかし、ブラジルでは、含水エタノール需要が需要の過半を占めるようになってきていることから、政府による無水エタノールの混合割合の設定は市場への影響度を弱めていくことが予想される。なお、政府による介入としては、この他にサトウキビおよびバイオエタノールに関する補助措置があるが、バイオエタノール・砂糖需給への影響は限定的であると考えられる<sup>(6)</sup>。

## （2）サトウキビ・バイオエタノール・砂糖需給量の推移

ブラジルの砂糖生産量は、2000/01年度の19,070千トンから2009/10年度には37,699千トンに増加している。2009/10年度では世界全体の生産量の24.2%を占める世界最大の砂糖生産国である（第1表）。また、砂糖輸出量は、2000/01年度の9,972千トンから2009/10年度には25,284千トンに増加しており、2009/10年度の世界全体の輸出量の43.1%を占める最大の砂糖輸出国である。

ブラジルのバイオエタノール生産量は、2001年の11,434千kℓから2009年には26,075千kℓに増加しており、2009年では、米国に次ぐ世界第2位の生産国である（第2表）。なお、米国は世界最大の生産国であるものの、国内需要に生産が対応でき

第1表 世界の砂糖生産量

	2000/01年度	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10
ブラジル生産量 (1,000トン；粗糖換算)	19,070	22,723	25,327	26,141	27,733	32,637	32,635	30,755	36,199	37,699
世界生産量合計 (1,000トン；粗糖換算)	132,987	138,291	150,492	143,804	141,046	151,362	167,115	166,705	150,941	155,997
世界生産量に占める ブラジルのシェア (%)	14.3%	16.4%	16.8%	18.2%	19.7%	21.6%	19.5%	18.4%	24.0%	24.2%
ブラジル輸出量 (1,000トン；粗糖換算)	9,972	13,468	13,157	15,977	19,153	16,866	21,528	18,853	23,978	25,284
世界輸出量合計 (1,000トン；粗糖換算)	45,269	48,719	49,781	52,354	53,978	56,080	56,611	56,602	56,664	58,687
世界輸出量に占める ブラジルのシェア (%)	22.0%	27.6%	26.4%	30.5%	35.5%	30.1%	38.0%	33.3%	42.3%	43.1%

資料：F.O.Licht (2009) より作成。

第2表 世界のバイオエタノール生産量

	2001年	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ブラジル (1,000 kℓ)	11,434	12,565	14,729	14,663	15,899	17,830	22,551	27,146	26,075
米国 (1,000 kℓ)	7,942	9,416	11,885	14,158	16,044	19,689	25,932	36,388	42,147
世界合計 (1,000 kℓ)	30,649	33,558	38,842	40,829	45,722	55,336	67,266	83,554	89,651
世界生産量に占める ブラジルのシェア (%)	37.3%	37.4%	37.9%	35.9%	34.8%	32.2%	33.5%	32.5%	29.1%

資料：F.O.Licht (2010) より作成。

第3表 世界のバイオエタノール純輸出量

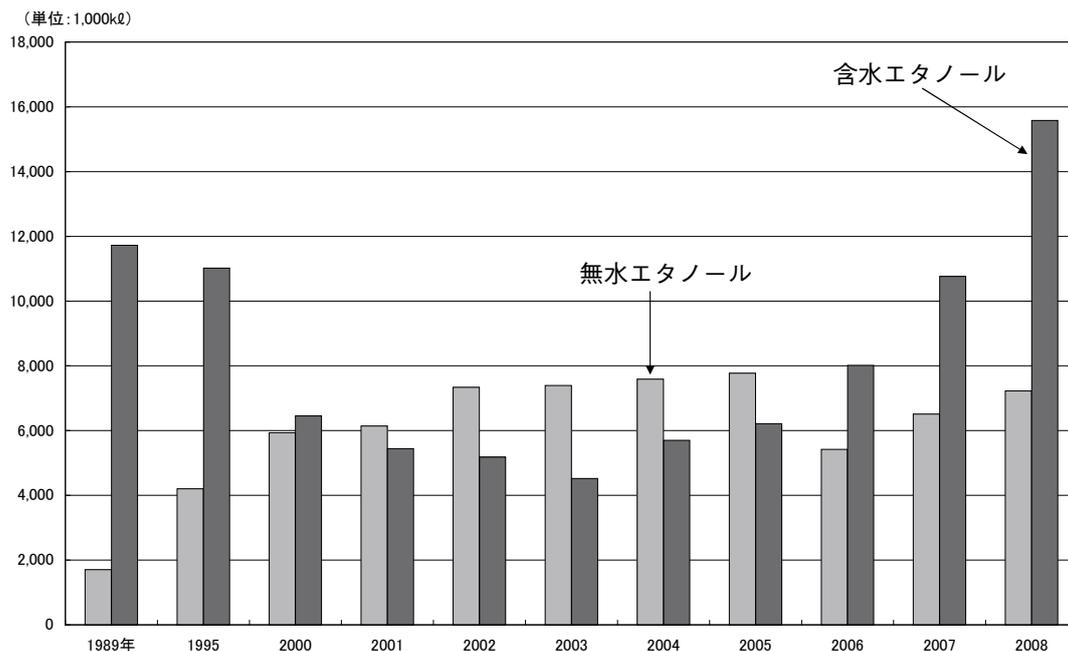
	(単位：1,000kℓ)							
	2002年	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ブラジル	569	769	2,403	2,593	3,429	3,533	5,124	3,297
フランス	238	264	223	140	176	321	499	775
ドイツ	-136	-166	-206	-242	-284	-312	-660	-974
オランダ	12	10	-137	-172	-415	-566	-396	-158
エルサルバドル	3	-10	-14	-29	-3	-23	-69	56
ジャマイカ	95	3	-6	3	70	-9	-50	-101
米国	-208	-362	-654	-482	-2,540	-1,346	-1,547	-622
日本	-433	-404	-495	-509	-502	-468	-453	-515
コスタリカ	19	14	23	-25	63	130	29	-13

資料：F.O.Licht (2010) より作成。

ず、2009年は622千kℓものバイオエタノールを純輸入している（第3表）。一方、ブラジルのバイオエタノール純輸出量は3,297千kℓとなっており、世界最大のバイオエタノール純輸出国である。

ブラジルの国内需給量について鉱山エネルギー省の統計 (Ministério de Minas e Energia 2009) をみると、バイオエタノール混合ガソリン車の増加により、無水エタノールの需要量は、1989年から2003

年にかけて年平均11.1%増加した（第1図）。一方、含水エタノールの需要量はアルコール車の販売台数減少から、1989年から2003年にかけて年平均6.6%減少した。しかし、2003年を境に需給構造は一変する。含水エタノールは2003年から2008年にかけて、需要量は年平均28.1%増加した。この含水エタノール生産量の増加には、ガソリンとバイオエタノールが任意の混合割合を設定して走行出来るフレックス



第1図 ブラジルのバイオエタノール需要量の推移

資料：Ministério de Minas e Energia (2009) より作成。

第4表 ブラジルの州別サトウキビ，バイオエタノール，砂糖生産量 (2009/10年度)

単位	サトウキビ トン	砂糖 トン	バイオエタノール kl
<b>北部</b>	1,555,200	33,137	75,128
ロンドニア	119,700	0	0
アマゾナス	314,800	8,679	8,324
パラ	749,600	24,458	29,099
トカンチンス	371,100	0	28,859
<b>北東部</b>	61,904,400	4,013,932	2,064,737
マラニョン	2,267,200	15,868	161,524
ピアウイ	985,500	53,884	30,245
セアラ	119,500	0	8,242
リオ・グランデ・ド・ノルテ	3,535,800	200,772	118,908
パライバ	6,269,800	149,236	294,071
ペルナンブコ	17,312,200	1,356,930	461,912
アラゴアス	26,155,200	2,050,276	712,904
セルジペ	2,364,100	57,069	106,584
バイア	2,895,100	129,897	170,348
<b>南東部</b>	423,353,500	23,636,170	18,299,454
ミナス・ジェライス	51,321,500	2,682,473	2,378,361
エスピリト・サント	4,343,400	77,685	282,743
リオ・デ・ジャネイロ	3,556,300	176,638	97,064
サン・パウロ	364,132,300	20,699,374	15,541,285
<b>南部</b>	53,768,500	2,421,479	2,192,067
パラナ	53,655,200	2,421,479	2,183,566
リオ・グランデ・ド・スル	113,300	0	8,501
<b>中西部</b>	88,442,500	2,544,945	5,177,264
マツグロソ・ド・スル	26,993,100	738,588	1,516,035
マツグロソ	15,557,000	414,222	942,795
ゴイアス	45,892,400	1,392,135	2,718,435
<b>ブラジル合計</b>	629,024,100	32,649,663	27,808,650

資料：Agra FNP (2010) および Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009) より作成。

車が2003年から販売されたことが大きく影響している。一方、無水エタノールは、2003年から2008年にかけて需要量は年平均0.5%減少となった。

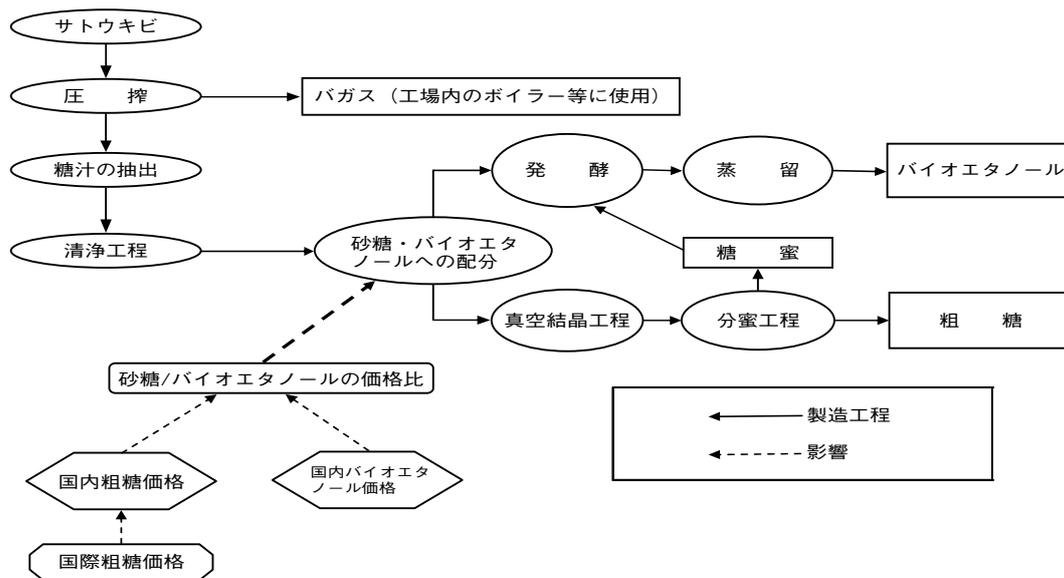
(3) サトウキビ・バイオエタノール・砂糖生産構造

ブラジル国内の地域別生産構造をみると、南東部のサン・パウロ州がサトウキビ、砂糖およびバイオエタノールの生産の中心であり、サトウキビでは全体の57.9%、砂糖では63.4%、バイオエタノールでは55.9%を占めている(第4表)。また、南東部全体では、全国のサトウキビ、バイオエタノールおよび砂糖生産の約7割を占めている。一方、かつての砂糖生産の中心地であった北東部は、サトウキビでは全体の9.8%、バイオエタノールでは7.4%、砂糖では12.3%となっている。このように、ブラジルにおけるサトウキビ、バイオエタノールおよび砂糖生産は、南東部、特にサン・パウロ州に集中している。

現在(2011年5月現在)、ブラジルには439ものバイオエタノール・砂糖工場があるが、そのうち302工場がバイオエタノール・砂糖双方の生産施設を有している<sup>(7)</sup>。1975年からのプロアルコール政策の推進以降、バイオエタノール工場は既存の砂糖工場に併設されるケースが多く、USINA<sup>(8)</sup>と呼ばれるバイオエタノール・砂糖双方の生産を行える工場の割合は全体の7割弱となっている。ブラジルで

は、Usinaがサトウキビの栽培、収穫、バイオエタノール・砂糖の製造、品質管理までを行っている。また、Usinaは自社でサトウキビの栽培、収穫を行う他、一般の農家にも生産の委託を行っている。

サトウキビからバイオエタノール・砂糖製造工程については、サトウキビを圧搾し、糖汁を抽出し、それを洗浄する工程までは世界中どこにでもある砂糖製造工程であるが、ブラジルの場合はこの糖汁を各Usinaがバイオエタノールと砂糖の仕向け比率を決定し、2つの工程に分けることが他の生産国との大きな違いである(第2図)。この後、バイオエタノールについては糖汁を発酵させ、蒸留工程で不純物を除去し、アルコール度95%以上の高濃度のバイオエタノールが生産され、それが含水エタノールと無水エタノールとに分けられる。Usinaの本社ではバイオエタノールと砂糖との相対価格に応じて毎年、バイオエタノールと砂糖の生産比率が決定され、バイオエタノールと砂糖との相対価格に応じて毎月、各生産量の修正が行われている<sup>(9)</sup>。ただし、サトウキビからバイオエタノール・砂糖の配分は、工場の設備の状況や砂糖とバイオエタノールに関する個々の契約の関係上、国内バイオエタノール価格および国内砂糖価格に弾力的に反応して両者への配分が変わるのは、サトウキビの生産量のうち約1割程度である<sup>(10)</sup>。



第2図 ブラジルのUsinaにおけるバイオエタノール製造工程概要

資料：現地調査を基に筆者作成。

注。一部の工場ではバガスによる発電を行い、工場内への電力供給のほか、外部へ電力を売却している。

第5表 サトウキビからバイオエタノール・砂糖配分比率の推移

	1994/95年度	2001/02	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11 (見込み)
砂糖仕向け率	39.6%	47.2%	50.1%	48.6%	45.5%	40.4%	43.4%	44.7%
バイオエタノール仕向け率	60.4%	52.8%	49.9%	51.4%	54.5%	59.6%	56.4%	55.3%
砂糖仕向け量 (百万トン)	91.0	121.0	193.3	187.3	223.5	228.5	262.0	294.7
バイオエタノール仕向け量 (百万トン)	139.0	135.5	192.5	197.7	267.7	337.5	340.0	365.3
合計 (百万トン)	230.0	256.5	385.8	385.0	491.1	566.0	605.0	660.0

資料：USDA-FAS (2010) より作成。

第6表 バガス生産量の推移

(単位：1000トン)											
	1998年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
生産量	82,183	82,487	66,309	78,040	87,233	97,321	101,795	106,470	121,150	134,550	144,443
総需要量	82,183	82,487	66,309	78,040	87,233	97,321	101,795	106,470	121,150	134,550	144,443
電力用	3,810	4,102	3,454	4,406	5,052	6,440	6,604	7,176	7,483	8,967	9,707
最終需要量	78,373	78,385	62,855	73,634	82,181	90,881	95,191	99,294	113,667	125,582	134,736
エネルギー部門	35,126	31,715	25,942	27,406	30,032	34,625	35,032	37,864	42,021	49,743	62,473
産業用	43,247	46,670	36,913	46,228	52,149	56,256	60,159	61,430	71,646	75,840	72,263
化学用	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
食用・飲用(砂糖・ バイオエタノール 工場内直接燃焼)	43,125	46,602	36,799	46,112	52,036	56,075	60,020	61,274	71,486	75,670	72,091
パルプ用	122	67	114	116	113	181	139	156	160	170	172
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

資料：Ministério de Minas e Energia (2009) より作成。

バイオエタノールと砂糖の価格、生産に関する規制が撤廃された状況下において、バイオエタノールと砂糖はサトウキビの生産配分をめぐる競合関係にあると言える。ブラジルにおけるサトウキビからバイオエタノール・砂糖への仕向け量の推移をみると年によって変動はあるが、ほぼ半分ずつがバイオエタノールと砂糖生産に仕向けられている(第5表)。

また、砂糖生産において発生する糖蜜も、バイオエタノールの原料として使用されており、砂糖生産における副産物もバイオエタノール生産に使用されている点も、ブラジルにおけるバイオエタノール生産の大きな特徴である。また、サトウキビ圧搾後の絞り粕であるバガスについても工場内における熱源としてボイラーで使用されるほか、一部の工場ではバガスによる発電を行い、工場内への電力供給のほか、外部へ電力を売却している。このように、ブラジルのバイオエタノール生産ではコージェネレーション<sup>(11)</sup>システムが採用されている点が大きな特徴

である。バガスの生産量は1998年の82,183千トンから2008年の144,443千トンに増加しており、電力用需要量も1998年の3,810千トンから2008年の9,707千トンに増加している(第6表)。

サトウキビは一度作付すると、収穫・株出しを6回行い、その後新たな作付を行う生産サイクルとなっている<sup>(12)</sup>。サトウキビの生産コストについては、2008/09年度における農地減価償却額、播種、植付、労賃(植付以外)、機械化費用(収穫以外)、投入費用(肥料・石灰、除草剤、農薬)、機械化収穫費用、その他費用の合計では、植付期は4,535リアル/ha、第1期収穫期は4,651リアル/ha、第2期収穫期は4,048リアル/ha、第3期収穫期は3,922リアル/ha、第4期収穫期は3,536リアル/ha、第5期収穫期は3,319リアル/ha、収穫期平均では3,894リアル/haになる(第7表)。

一方、平均単収は第1期収穫期の243トン/haから、第2期収穫期の193トン/ha、第3期収穫期

第7表 サン・パウロ州におけるサトウキビ生産コスト（2008/09年度）

	単位	植付	第1期収穫期	第2期収穫期	第3期収穫期	第4期収穫期	第5期収穫期	収穫期平均
生産コスト合計	リアル /ha	4,535	4,651	4,048	3,922	3,536	3,319	3,894
農地減価償却額	リアル /ha	0	1,232	977	878	770	679	907
播種	リアル /ha	830	0	0	0	0	0	0
植付	リアル /ha	386	0	0	0	0	0	0
労賃（植付以外）	リアル /ha	159	56	56	50	42	42	50
機械化費用（収穫以外）	リアル /ha	1,280	340	340	374	338	340	346
投入費用	リアル /ha	1,471	917	917	1,001	917	917	935
肥料・石灰	リアル /ha	1,037	754	754	838	754	754	772
除草剤	リアル /ha	145	163	163	163	163	163	163
農薬	リアル /ha	289	0	0	0	0	0	0
機械化収穫費用	リアル /ha	0	1,588	1,262	1,132	993	874	1,170
その他	リアル /ha	412	517	496	488	478	470	490
平均単収	トン /ha	0	243	193	173	153	133	179
サトウキビ価格	リアル /トン							39.2

資料：AgraFNP（2009）より作成。

の173トン/ha、第4期収穫期の153トン/ha、第5期収穫期の133トン/haに減少している。このように、第1期収穫期から第2期、第3期、第4期、第5期と生産コストが低下し、単収は第1期収穫期をピークに、年々低下してくことがわかる。また、2008/09年度におけるサトウキビ価格は、サン・パウロ州において、39.2リアル/トンで取引されている（Agra FNP 2009）。

- 注(1) IAAは政府の認可を受け、政府のバイオエタノール・砂糖に関する買入れ等の業務を執行する機関であった。
- (2) 含水エタノールとはアルコール分92.6%以上～99.3%未満のものである。
- (3) バイオエタノール100%を燃料として走行する乗用車である。研究開発に当たって政府からの補助も行われた。
- (4) ネオリベラリズムとは、市場志向型の経済開発戦略であり、対外的市場開放と民間主導の経済活動の促進によって持続的な経済成長を達成することを目的とし、マクロ経済改革、構造改革（ミクロ経済改革）、社会政策から構成される（石黒 2003）。
- (5) 無水エタノールとはアルコール分99.3%以上のものである。
- (6) サトウキビについては中南部と北・北東部のサトウキビ生産者との生産費差額を補填するための政府からの補助（5.07リアル/トン）が行われている。しかし、サトウキビ生産はサン・パウロ州をはじめとする中南部が主産地で、全国における生産割合が14%である北・北東部への生産費差額の補填措置は全体のサトウキビ生産に与える影響は限定的と思われる。また、バイオ

エタノールに関しては在庫に要する費用に関して2003年に5億リアルの融資枠で優遇税制が適用されたが、2004年以降は実施されていない。

- (7) ブラジル農牧供給省生産・アグロエネルギー局への登録工場数（2009年8月4日現在）。
- (8) Usinaとは、ポルトガル語で工場を意味する女性名詞であるが、ブラジル産業界ではバイオエタノール・砂糖工場の意味で使用されている。
- (9) バイオエタノール・砂糖工場（COSAN社ピラシカーバ工場、サン・パウロ州ピラシカーバ市）での聞き取り調査結果（2005年11月、2008年3月）。
- (10) 農牧供給省アグロエネルギー局への聞き取り調査結果（2005年11月、2008年3月）。
- (11) コジェネレーション（Co-Generation）とは、一つのエネルギー源から複数のエネルギーを発生させるシステムのことをいう。一般には、電力と熱等複数のエネルギーを取り出すことを指し、熱併給発電、電力・熱併給ともいう（吉田 1998）。
- (12) サン・パウロ州の事例。

### 3. サトウキビの増産とサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度

#### (1) サトウキビの増産可能性

ブラジルは前述のとおり、世界最大の砂糖生産・輸出国であり、従来から輸出志向が強い。ブラジル政府は豪州・タイ政府とともに、EUの砂糖制度が貿易歪曲的であるとして、WTOのパネル提訴を行った。2004年のパネルの裁定結果を受けて、EUは

2006年から介入価格の廃止等といった砂糖制度改革を行った<sup>(1)</sup>。この改革の実行によりEUの輸出競争力は低下し、ブラジルはEUが伝統的に輸出していた地域を対象に砂糖の輸出量の増加を図っている。

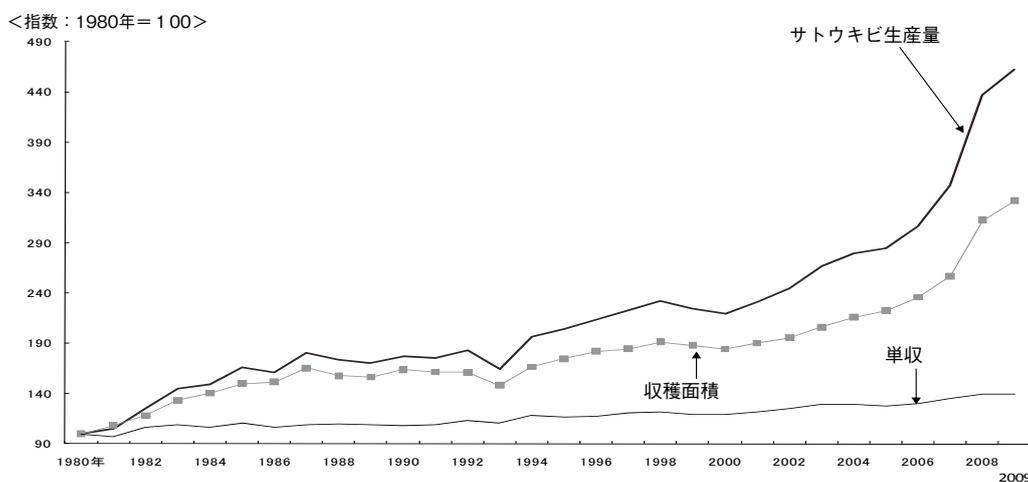
そして、ブラジルでは好調なマクロ経済が牽引役となり、新車販売台数が今後も増大し、フレックス車は今後も販売台数を伸ばすと見込まれる。その結果、含水エタノールを中心としたバイオエタノールの需要が増加することが見込まれる。このように、ブラジルでは、含水エタノール需要量が増加するとともに、一方で、EUの砂糖制度改革の実施に伴い、砂糖の輸出量が拡大すると見込まれている。

農牧供給省によると、ブラジルの砂糖生産量は2008/09年度から2019/20年度にかけて年平均3.6%増加することが予測され、砂糖の輸出量は、同期間中3.9%増加することが予測されている（Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010)）。また、ブラジルのバイオエタノール生産量は、2008/09年度から2019/20年度にかけて、年平均7.8%増加することが予測され、バイオエタノールの輸出量は、同11.3%増加することが予測さ

れている（Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010)）。

このため、ブラジルは今後、バイオエタノールおよび砂糖双方の生産を増加していく必要がある。そのためには、原料であるサトウキビの増産は不可欠である。ブラジルではこれまで、サトウキビの増産を図るため、品種改良努力等による単収の増加を行ってきたが、これまでのサトウキビ生産量の増大には単収よりも収穫面積の増加が大きく寄与してきている（第3図）。このため、今後ブラジルで、サトウキビ生産を大幅に増加させるためには、収穫面積の増加が必要不可欠である。

ブラジル農牧供給省は、サトウキビ生産量について、2008/09年度の696百万トンから2019/20年度には893百万トンに増加すると予測している（第8表）。そして、収穫面積は2008/09年度の8.7百万haから2019/20年度の12.9百万haに拡大することが予測されているものの、単収については、80.2トン/haから69.0トン/haに減少することが予測されている。これは、今後、ブラジルがサトウキビの収穫面積を拡大するにあたり、必ずしも生産性が高



第3図 ブラジルにおけるサトウキビ生産量、収穫面積および単収の推移

資料：AgraFNP (2010) より作成。

第8表 ブラジルにおけるサトウキビ生産量予測（農牧供給省予測）

	単位	08/09年度	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20
生産量	百万トン	696.4	714.3	732.2	750.1	767.9	785.8	803.7	821.5	839.4	857.3	875.1	893.0
収穫面積	百万 ha	8.7	8.7	9.1	9.5	9.9	10.4	10.8	11.2	11.7	12.1	12.5	12.9
単収	トン/ha	80.2	82.6	80.6	78.9	77.3	75.8	74.4	73.2	72.1	71.0	70.0	69.0

資料：Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010) より作成。

くない農地にも生産を拡大していかざるを得ないことを意味している。

しかし、ブラジル連邦政府は、今後のバイオエタノール・砂糖生産拡大に伴う、サトウキビ増産について、2009年におけるサトウキビの作付面積は860万haであり、ブラジルの国土面積のわずか1.0%、耕地面積全体の1.6%に過ぎないため、今後、増産余力が十分であることを強調している<sup>(2)</sup>。

## (2) サトウキビ増産と環境への影響

ブラジルにおけるサトウキビ生産の過程では、環境への悪影響も指摘されている。ブラジルでは、サトウキビ収穫時に余分な葉を燃やす火入れと呼ばれる作業が全栽培面積の8割程度で行われている<sup>(3)</sup>。これは大気汚染、森林火災等の原因にもなっているものと考えられる。このため、最大の生産州であるサン・パウロ州では、2002年に火入れ禁止条例が成立し、勾配が12%までの農地は2021年から、勾配が12%以上の農地については、2031年から収穫時におけるサトウキビ畑への火入れが禁止となっている。

しかし、これでは全面的な禁止に30年近くかかるという内外の環境団体の批判等から、2006年6月には、サン・パウロ州環境局・農務局とUNICA（ブラジル・サトウキビ産業協会）がこの火入れ禁止条例の施行を前倒しで実施する内容の議定書に調印し、サン・パウロ州の砂糖・バイオエタノール業者の9割に相当する170社がこの議定書に参加した。具体的には、勾配が12%までまたは150ha以上の圃場については、2014年から禁止、勾配が12%以上または150ha未満の圃場について2017年から禁止する予定である。ただし、サトウキビ収穫作業は農村における重要な雇用機会を与えており、火入れ禁止による収穫機導入により、1台当たり80～100人の収穫労働者が不要となる。そのため、他の産業部門での雇用吸収が今後の課題となる。

また、バイオエタノール残渣のビニョッサについては、サトウキビ畑の肥料として散布されているが、一部ではビニョッサの大量使用による土壌塩類集積の影響も懸念されている。このため、今後、十分にビニョッサの影響を検証し、土壌に対する悪影響が判明した場合は、散布の基準値を策定していくことが必要である。この他にも、今後のサトウキビ増産は土壌浸食<sup>(4)</sup>や水質汚染等の悪影響を環境に与え

る可能性がある。

ブラジル連邦政府は、法定アマゾン地域でのサトウキビ・バイオエタノール・砂糖生産を厳しく規制している。現行の森林法の規定では、法定アマゾン地域については80%までを法定保留地（原生林）として残す必要がある。また、法定アマゾン地域に、サトウキビを植えたとしても、バイオエタノール・砂糖を製造する工場がサトウキビ圃場から、最大50～70km程度の範囲内に立地していない場合は、品質が劣化するものと考えられる。このため、政府としては、バイオエタノール・砂糖工場の新規建設の規制を行うことで、法定アマゾン地域でのサトウキビ作付増加を規制している。

また、違法伐採が行われて農地になれば、そこにサトウキビが植えられる可能性もある。ブラジル連邦政府は、法定アマゾン地域のうち、特に違法伐採の多い、パラ州および Rondônia 州への監視を強化している。監視体制としては、衛星情報、空軍による広域監視の他、連邦政府と地方政府関係機関が警察、陸軍ともに共同で監視を行っている。また、この監視体制には、米国、日本等も技術協力を行っている。

ただし、この監視体制により、広大な法定アマゾン地域をすべてカバーすることができるか否かが大きな課題である。法定アマゾン地域に属しサトウキビ栽培が禁止されているパラ州では、サトウキビの生産量が1993年の45.1万トンから2004年には50.4万トン、2009年には69.8万トンと増加傾向にある。また、同じくアマゾネス州でも1993年の10.8万トンから2009年には36.6万トンに増加している。このように、作付が禁止されている法定アマゾン地域でも、サトウキビ栽培は行われており、その量は全体に比べると僅かであるものの、増加傾向にあり、現行法や現行のシステムでは、完全な規制が困難であることを意味している。

## (3) 「持続可能性基準」への対応

EUでは欧州議会が再生可能エネルギー利用促進指令(Promotion of the use of energy from renewable sources)を2008年12月に採択し、2020年までに全輸送用燃料に占める再生可能燃料の割合を10%にするという義務目標を設定した。この義務目標達成にはEU加盟国の生産だけでは対応できないため、バイオ燃料およびバイオ燃料原料

の輸入も活用する方針である。輸入バイオ燃料や輸入原料は、EU域内産と同様に扱われることになるものの、持続可能性基準を満たすことが必要になる。この持続可能性基準は化石燃料に対するバイオ燃料のGHG（温室効果ガス）削減率がLCA（ライフサイクルアセスメント）により、35%以上、2017年からは50%以上、2017年以降のプラントは60%以上の削減義務があることに加え、生物多様性に富む地域<sup>(5)</sup>、炭素貯留の高い地域<sup>(6)</sup>でのバイオ燃料の原料生産を行うことが出来なくなる。EUの試算ではサトウキビからのバイオエタノール生産のLCAでは、化石燃料に対するGHG削減効果は、71%と持続可能性基準の水準を大きく上回る<sup>(7)</sup>。

米国は2007年エネルギー自立・安全保障法に基づく再生可能燃料基準の設定により、今後、バイオエタノールを中心とするバイオ燃料の普及拡大を図っている。この再生可能燃料基準では、再生可能バイオ燃料（Renewable Biofuel）はLCAにより、ガソリンに比較して、GHGを20%以上削減する必要がある。また、先端的バイオ燃料（Advanced Biofuel）はLCAにより、GHGを50%以上削減する必要がある。そのうち、セルロース系原料からのバイオエタノールは、LCAにより、GHGを60%以上削減する必要がある。輸入バイオエタノールは、その他の先端的バイオ燃料（Undifferentiated Advanced Biofuel）に含まれる。EPA（環境保護局）が2010年に公表した再生可能燃料基準の最終規則では、トウモロコシ由来のバイオエタノールは、GHGをガソリンに比べて21%削減することに対して、ブラジルのサトウキビ由来のバイオエタノールはガソリンに比べて61%削減することが発表された。

さらに、GBEP（国際バイオエネルギーパートナーシップ）<sup>(8)</sup>では、バイオエネルギーの持続可能性に貢献するための科学的な基準と指標の作成、バイオ燃料利用による温室効果ガス削減効果策定に係る各国共通のチェックリストの作成が行われており、これらについて、国際的にも議論が行われている。先進国主導のGBEPにおいて、途上国の代表として、また世界最大のバイオエタノール輸出国としてのブラジルがバイオ燃料生産における持続可能性という問題に対して、どのような対応を行っていくかが、国際的にも注目されている。そして、ブラジルが、今後、バイオエタノール・砂糖需要の増大に伴うサ

トウキビ増産により、環境と調和した持続可能な生産を行うか否かに世界的な関心が集まっている。

以上のような国際状況の中で、2009年9月にブラジル連邦政府はサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度を発表した。

#### （4）サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度

##### 1) 概要

2009年9月に発表した。サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の目的は、今後のバイオエタノール・砂糖生産の増大に伴うサトウキビ作付面積の増大に伴い、生物多様性と調和した土地の持続可能な利用を計画するための基盤として、土壌適性等の評価を行うことにより、生物多様性と調和する形で、持続可能なサトウキビの耕作を計画するためのデータベースの構築を行うことである。

サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度においては、環境的制約のないサトウキビ栽培に関して、農業面での潜在能力を持つ土地が対象となった。サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の実施によって、ブラジルは持続可能な方法で環境と調和するバイオ燃料の生産とこれによる炭素クレジットの活用促進、温室効果ガスの排出量の低下、土壌浸食を減らすことによる土壌保全の促進等の効果が期待できるとしている（行政命令6961号）。

同制度は、サトウキビに関する農業生態学的ゾーニングを行い、州ごとに土壌適正等の詳細なデータを示したものである。これは、2009/10年度の収穫期から将来にわたって、適用される。ただし、本ゾーニング制度の対象地域については、10年ごとに見直すことが検討されている。

##### 2) 調査区域

調査区域とは、ゾーニング制度の対象地域であり、サトウキビの農業生態学的ゾーニングの調査区域は、アマゾン、パンタナルおよびパラグアイ川流域を含まないブラジルの全国土を含んでいる。このため、アクレ州、アマゾーナス州、 Rondônia州、ロライマ州、パラ州、およびアマパ州は、アマゾン・バイオームに属するため、本調査の対象にはならなかった。同様に、マツグロソ州、マラニオン州、トカンチンス州、およびゴイアス州の一部が、法定アマゾン地域またはパンタナルおよびアルト・

パラグアイ流域に含まれることから、調査から除外された。このほかに、対象地域としては以下の土地は除外された。1) 12%を超える傾斜を有する土地、2) 野生生物で覆われた土地、3) 環境保護区域、4) 原住民の土地、5) 原生林、6) 砂丘、7) マングローブ林、8) 急斜面と露岩地域、9) 植林地、10) 都市部と鉱山地域、11) サン・パウロ州、パラナ州、ゴイアス州、ミナス・ジェライス州、マツグロソ州、マツグロソ・ド・スル州における2007/08年度の収穫時において、サトウキビの栽培が行われている区域である。

以上より、サトウキビの農業生態学的ゾーニングの調査区域は、20の連邦州となる。つまり、北部地域では1州（トカンチンス州）、北東部地域では9州（アラゴアス州、バイア州、セアラ州、マラニオン州、パライバ州、ペルナンブコ州、ピアウイ州、リオ・グランデ・ド・ノルテ州、セルジペ州）、中西部地域は3州（ゴイアス州、マツグロソ・ド・スル州、マツグロソ州）、南東部地域の4州（エスピリト・サント州、ミナス・ジェライス州、リオ・デ・ジャネイロ州、サン・パウロ州）、南部地域の3州（パラナ州、サンタ・カタリーナ州、リオ・グランデ・ド・スル州）が対象となった。

### 3) 土壌・気候適性

#### (i) 気候適性

気候適性については、利用可能な文献に基づいて、平均気温、水必要性指数（ISNA）、水不足量および霜発生リスクを基準に定められている。これに応じて、低リスク（A）および（B）、気温不足または高い霜へのリスク（C）、水不足のリスク（D）および成熟と収穫へのリスク（E）に分けられている。

#### (ii) 土壌学的適性

土壌学的適性は、特定の栽培管理タイプのもとの特定の栽培に関して各種土壌の持つ農業生産の潜在的能力に関するものであり、土壌の種類別の物理的特徴が考慮されている。サトウキビの農業生態学的ゾーニングでは、特に土壌単位の起伏の特徴は考慮されていないが、これは、傾斜地図が作成され、12%を超える傾斜地が除外されるからである。

土壌学的適性は、1) 肥沃さ不足、2) 水不足、3) 水分の摂取過剰または酸素不足、4) 土壌浸食の可能性、5) 機械化に対する障害、6) 幼根に対する

障害等の諸要因に基づいて、好ましい（P）、普通（R）、限界（M）、適さない（IN）に分類されている。

#### (iii) 土壌・気候適性

以上の気候適性、土壌学的適性の情報を組み合わせることで、土壌・気候適性を示す指標が以下のとおり分類されている。1) P：農業適性の高い土地、2) R：農業適性が中程度の土地、3) MS：農業適性が中程度以下の土地、4) ISC：土壌と気候を合わせた点でサトウキビ栽培に不向きな土地、5) IC：気温不足および霜リスクで不向きな土地、6) ID：気候面でサトウキビ栽培に不向きな土地（集中的な灌漑が不可欠）、7) IE：気候面でサトウキビ栽培に不向きな土地（サトウキビ栽培の成熟および収穫に悪影響）、8) ICIS：気候と土壌の点でサトウキビ栽培に不向きな面積、9) IS：土壌面でサトウキビ栽培に不向きな土地。

### 4) サトウキビ栽培適性面積

以上の結果、サトウキビの農業生態学的ゾーニングにおけるサトウキビ栽培拡大に適した面積は、牧草地、農牧地および農地のブラジル全体の合計として、適性が高い土地は、18.0百万ha、中程度の適性の土地は41.2百万ha、中程度以下の適性の土地<sup>(9)</sup>は4.3百万haとなり、合計で63.5百万haとなる（第9表）。

これは、2009年に、ブラジルで生産されているサトウキビ収穫面積である8.6百万haの7倍以上に相当する。そして、このサトウキビ栽培に適した面積の合計はブラジルの国土面積である851.5百万haのうち、7.5%に過ぎない（第10表）。

また、地域別では、サトウキビ栽培の中心地であり、ブラジルのサトウキビ生産量の58.3%を占めるサン・パウロ州の農地、農牧地および牧草地の合計として、適性が高い土地は、7.3百万ha、中程度の適性の土地は3.2百万ha、中程度以下の適性の土地は0.1百万haとなり、合計で10.6百万haとなる（第11表）。

また、ブラジル国内で第2位の生産量を有し、ブラジルのサトウキビ生産量の7.9%を占めるミナス・ジェライス州では適性が高い土地はなく、中程度の適性の土地は9.9百万ha、中程度以下の適性の土地は0.1百万haとなり、合計で10.0百万haとなる（第11表）。南東部（サン・パウロ州、リオ・デ・ジャ

第9表 ブラジル全土におけるサトウキビ栽培適性面積

適性の種類	土地の用途タイプ別の適性面積 (ha)			適性別の面積 (ha)	
	牧草地	農牧地	農地	牧草地+農牧地	牧草地+農牧地+農地
高い (A)	10,251,027	585,989	7,191,388	10,837,016	18,028,403
中程度 (M)	22,818,770	2,015,247	16,340,890	24,834,016	41,174,906
中程度以下 (B)	3,062,029	490,027	733,152	3,552,056	4,285,208
A+M	33,069,796	2,601,235	23,532,277	35,671,032	59,203,309
計	36,131,825	3,091,263	24,265,429	39,223,088	63,488,517

資料：Decreto 6961 (2009) より作成。

第10表 ブラジルにおける土地利用の状況

	百万 ha	国土面積に占める比率
国土面積 (IBGE)	851.5	100.0%
農地 (生産可能面積)	553.5	65.0%
農地 (2002年使用面積)	235.5	27.7%
環境規制区域 (法定アマゾン、パンタナルおよびパラグアイ川流域含む)	694.1	81.5%
サトウキビ作付適性区域	63.5	7.5%
牧草地適性区域 (高・中程度)	34.2	4.0%
サトウキビ収穫面積 (2009年)	8.6	1.0%

資料：IBGE (2009), AgraFNP (2010) より作成。

ネイロ州, エスピリト・サント州, ミナス・ジェライス州) の合計では, 適性が高い土地は, 7.6 百万 ha, 中程度の適性の土地は 13.6 百万 ha, 中程度の適性の土地は 0.3 百万 ha となり, 合計で 21.5 百万 ha となる (第 11 表)。

ブラジル国内で第 3 位の生産量を有し, ブラジルのサトウキビ生産量の 7.7% を占める南部のパラナ州における適性が高い土地は, 2.6 百万 ha, 中程度の適性の土地は 0.7 百万 ha, 中程度以下の適性の土地は 0.5 百万 ha となり, 合計で 3.8 百万 ha となる (第 11 表)。南部 (パラナ州, サンタ・カタリナ州, リオ・グランデ・ド・スル州) における合計では, 適性が高い土地は, 2.7 百万 ha, 中程度の適性の土地は 2.0 百万 ha, 中程度以下の適性の土地は 1.0 百万 ha となり, 合計で 5.7 百万 ha となる (第 11 表)。中西部各州 (マツグロソ州, ミナス・ジェライス州, ゴイアス州) の合計では, サトウキビ栽培の適性が高い土地は, 7.2 百万 ha, 中程度の適性の土地は 20.8 百万 ha, 中程度以下の適性の土地は 2.2 百万 ha となり, 合計で 30.2 百万 ha となる (第 11 表)。

北東部各州 (アラゴアス州, バイア州, セアラ州,

マラニョン州, パライバ州, ベルナンブコ州, ピアウイ州, リオ・グランデ・ド・ノルテ州, セルシペ州) の合計では, サトウキビ栽培の適性が高い土地は, 0.5 百万 ha, 中程度の適性の土地は 3.6 百万 ha, 中程度以下の適性の土地は 0.8 百万 ha となり, 合計で 4.9 百万 ha となる (第 12 表)。

北部は, トカンチンス州の一部が, 対象区域となっており, サトウキビ栽培の適性が高い土地および低い土地はなく, 中程度の適性の土地は 1.1 百万 ha となっている (第 12 表)。

注(1) 詳細については, 小泉 (2007) を参照。

(2) 第 10 表を参照。

(3) 農牧供給省アグロエネルギー局およびバイオエタノール・砂糖生産者団体 (UNICA) への聞き取り調査結果 (2005 年 11 月, 2008 年 3 月, 2010 年 3 月)。

(4) 筆者によるサン・パウロ州ピラシカーバ市で行った聞き取り調査 (2005 年 11 月) では, サン・パウロ州のみで年間 1.94 億トンの土壌流出が発生しており, このうちサトウキビ由来が 0.267 億トン発生している。その結果, 農地の生産性を著しく低下させるとともに, ダム貯水能力の低下による発電量の減少, 道路の維持管理費用の上昇を招く。

(5) 生物多様性に富む地域とは, a) 人的活動がなく自然生態系への人為的影響が無い原生林・未開発森林, b) 法規制により, 保護地域に指定された地域 (国際協定や国際自然保護連合等の国際機関による指定を受けた地域), c) 生物多様性に富む自然草地, 生物多様性に富む非自然草地 (多様な生物種が生息し, 人為的介入が無ければ消滅する地域を指す。ただし, 原料調達が草地の維持に必要な不可欠と判断された場合の生産は認められる) (European Parliament 2008)。

(6) 炭素貯留の高い地域とは, a) 土地が永続的または 1 年の大半の間, 水に覆われている湿地, b) 生育密度が高く (樹高 5 m 以上, 林冠 30% 以上), 1 ha 以上連続した森林, c) 樹高 5 m 以上, 林冠 10 ~ 30% で 1 ha 以上連続した森林である。ただし, GHG 算定において土

第11表 南東部、南部および中西部におけるサトウキビ栽培適性面積

地域・州	適性の種類	土地の用途タイプ別の適性面積 (ha)			適性別の面積 (ha)	
		牧草地	農牧地	農地	牧草地+農牧地	牧草地+農牧地+農地
南東部地域の合計	高い (A)	2,601,037	428,990	4,543,089	3,030,026	7,573,116
	中程度 (M)	9,866,512	160,783	3,611,737	10,027,294	13,639,032
	中程度以下 (B)	201,318	9,560	72,281	210,877	283,158
	A+M	12,467,549	589,772	8,154,827	13,057,321	21,212,148
	計	12,668,866	599,332	8,227,107	13,268,198	21,495,305
リオ・デ・ジャネイロ	高い (A)	173,835	0	10,198	173,835	184,033
	中程度 (M)	227,217	3,674	62,613	230,891	293,504
	中程度以下 (B)	21,322	0	2,285	21,322	23,607
	A+M	401,052	3,674	72,811	404,726	477,537
	計	422,374	3,674	75,096	426,048	501,144
サン・パウロ	高い (A)	2,369,013	428,990	4,498,384	2,798,003	7,296,386
	中程度 (M)	1,436,917	138,832	1,636,311	1,575,749	3,212,061
	中程度以下 (B)	41,734	8,802	59,634	50,536	110,170
	A+M	3,805,930	567,822	6,134,695	4,373,752	10,508,447
	計	3,847,664	576,624	6,194,328	4,424,288	10,618,617
エスピリト・サント	高い (A)	58,189	0	34,508	58,189	92,697
	中程度 (M)	138,005	0	98,952	138,005	236,957
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	196,194	0	133,460	196,194	329,654
	計	196,194	0	133,460	196,194	329,654
ミナス・ジェライス	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	8,064,372	18,276	1,813,861	8,082,649	9,896,510
	中程度以下 (B)	138,262	758	10,362	139,019	149,381
	A+M	8,064,372	18,276	1,813,861	8,082,649	9,896,510
	計	8,202,634	19,034	1,824,223	8,221,668	10,045,890
南部地域の合計	高い (A)	1,236,721.35	154,107.64	1,358,300.54	1,390,828.99	2,749,129.53
	中程度 (M)	482,612.77	1,137,201.41	362,965.70	1,619,814.18	1,982,779.88
	中程度以下 (B)	497,486.03	303,714.40	206,952.59	801,200.43	1,008,153.02
	A+M	1,719,334.12	1,291,309.05	1,721,266.24	3,010,643.17	4,731,909.41
	計	2,216,820.15	1,595,023.45	1,928,218.83	3,811,843.60	5,740,062.43
サンタ・カタリナ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	1.50	316.10	1.50	317.60
	中程度以下 (B)	3,572.60	100,653.70	52,712.10	104,226.30	156,938.40
	A+M	0.00	1.50	316.10	1.50	317.60
	計	3,572.60	100,655.20	53,028.20	104,227.80	157,256.00
パラナ	高い (A)	1,192,458.30	66,793.30	1,298,941.40	1,259,251.60	2,558,193.00
	中程度 (M)	433,258.20	78,166.50	216,536.71	511,424.70	727,961.41
	中程度以下 (B)	470,587.90	13,389.70	79,751.30	483,977.60	563,728.90
	A+M	1,625,716.50	144,959.80	1,515,478.11	1,770,676.30	3,286,154.41
	計	2,096,304.40	158,349.50	1,595,229.41	2,254,653.90	3,849,883.31
リオ・グランデ・ド・スル	高い (A)	0	68,062.31	17,013.36	68,062.31	85,075.67
	中程度 (M)	0	998,015.14	121,333.70	998,015.14	1,119,348.84
	中程度以下 (B)	0	114,100.80	32,823.68	114,100.80	146,924.48
	A+M	0	1,066,077.45	138,347.06	1,066,077.45	1,204,424.51
	計	0	1,180,178.25	171,170.74	1,180,178.25	1,351,348.99
中西部地域の合計	高い (A)	6,205,918	0	1,034,752	6,205,918	7,240,670
	中程度 (M)	10,361,534	0	10,468,270	10,361,534	20,829,804
	中程度以下 (B)	1,862,382	0	302,574	1,862,382	2,164,956
	A+M	16,567,452	0	11,503,023	16,567,452	28,070,474
	計	18,429,833	0	11,805,596	18,429,833	30,235,430
マツグロソ	高い (A)	4,970	0	29,930	4,970	34,901
	中程度 (M)	2,576,838	0	4,201,015	2,576,838	6,777,853
	中程度以下 (B)	95	0	5	95	100
	A+M	2,581,808	0	4,230,945	2,581,808	6,812,754
	計	2,581,903	0	4,230,951	2,581,903	6,812,854
ミナス・ジェライス	高い (A)	5,417,734	0	784,056	5,417,734	6,201,789
	中程度 (M)	822,268	0	1,670,114	822,268	2,492,382
	中程度以下 (B)	1,862,287	0	302,569	1,862,287	2,164,855
	A+M	6,240,002	0	2,454,169	6,240,002	8,694,171
	計	8,102,289	0	2,756,738	8,102,289	10,859,027
ゴイアス	高い (A)	783,214	0	220,766	783,214	1,003,980
	中程度 (M)	6,962,427	0	4,597,142	6,962,427	11,559,569
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	7,745,641	0	4,817,908	7,745,641	12,563,549
	計	7,745,641	0	4,817,908	7,745,641	12,563,549

資料：Decreto 6961 (2009) より作成。

第12表 北東部および北部におけるサトウキビ栽培適性面積

地域・州	適性の種類	土地の用途タイプ別の適性面積 (ha)			適性別の面積 (ha)	
		牧草地	農牧地	農地	牧草地+農牧地	牧草地+農牧地+農地
北東部合計	高い (A)	207,351	2,892	255,245	210,243	465,488
	中程度 (M)	1,040,867	717,263	1,824,562	1,758,130	3,582,692
	中程度以下 (B)	500,843	176,753	151,345	677,597	828,942
	A+M	1,248,218	720,154	2,079,808	1,968,373	4,048,180
	計	1,749,062	896,908	2,231,153	2,645,969	4,877,122
アラゴアス	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	181,322	5,977	181,322	187,299
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	0	181,322	5,977	181,322	187,299
	計	0	181,322	5,977	181,322	187,299
バイア	高い (A)	207,351	2,892	255,245	210,243	465,488
	中程度 (M)	377,014	101,669	1,340,234	478,682	1,818,916
	中程度以下 (B)	500,843	0	151,345	500,843	652,188
	A+M	584,365	104,560	1,595,480	688,925	2,284,404
	計	1,085,208	104,560	1,746,824	1,189,768	2,936,593
セアラ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	77,775	0	77,775	77,775
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	0	77,775	0	77,775	77,775
	計	0	77,775	0	77,775	77,775
マラニョン	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	507,259	203	282,086	507,461	789,547
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	507,259	203	282,086	507,461	789,547
	計	507,259	203	282,086	507,461	789,547
パライバ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	65,327	24,646	65,327	89,973
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	0	65,327	24,646	65,327	89,973
	計	0	65,327	24,646	65,327	89,973
ベルナンブコ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	182,432	22,723	182,432	205,156
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	0	182,432	22,723	182,432	205,156
	計	0	182,432	22,723	182,432	205,156
ピアウイ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	156,595	0	137,780	156,595	294,375
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	156,595	0	137,780	156,595	294,375
	計	156,595	0	137,780	156,595	294,375
リオ・グランデ・ド・ノルテ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	108,535	11,116	108,535	119,651
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	0	108,535	11,116	108,535	119,651
	計	0	108,535	11,116	108,535	119,651
セルシベ	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	0	0	0	0	0
	中程度以下 (B)	0	176,753	0	176,753	176,753
	A+M	0	0	0	0	0
	計	0	176,753	0	176,753	176,753
北部						
トカンチンス	高い (A)	0	0	0	0	0
	中程度 (M)	1,067,244	0	73,354	1,067,244	1,140,598
	中程度以下 (B)	0	0	0	0	0
	A+M	1,067,244	0	73,354	1,067,244	1,140,598
	計	1,067,244	0	73,354	1,067,244	1,140,598

資料：Decreto 6961 (2009) より作成。

地利用変化による排出を考慮する場合は、同土地での生産は認められる。また、泥炭地での原料の生産は認められていないが、原料生産が土壌流出につながらないと立証された場合は、生産は認められる (European Parliament 2008)。

- (7) 欧州委員会によるデフォルト値であり、一般的生産プロセスの場合、総排出量は  $24\text{gCO}_2\text{e/MJ}$  となり、化石燃料に対する GHG 削減率は 71% となる (European Parliament 2008)。
- (8) 2005 年のグレンイーグルサミットにおいて、G8+5 (ブラジル、中国、インド、メキシコ、南アフリカ) 首脳がバイオエネルギーの持続的発展を図ることを目的として GBEP の立ち上げに合意し、2006 年 5 月に設立。事務局は FAO にある。
- (9) サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度原文では、適正の低い土地と定義。

#### 4. サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の諸課題と間接的土地利用変化について

##### (1) サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の評価と課題点

サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度については、いくつかの評価できる点がある。まず、第 1 に、農業生態学的ゾーニング制度の調査対象を法定アマゾン、パンタナルおよびパラグアイ川流域という環境規制区域をサトウキビ栽培拡大に適した土地面積から除外した点である。第 2 に、土壌・気候適性に応じて、ブラジル連邦政府が、ブラジル全土の調査を行い、農業適性の種類と土地の用途タイプを考慮した上で、サトウキビ栽培に適した土地面積を適性の種類ごとに明示した点も評価したい。

このように、ブラジル連邦政府としては、今後のサトウキビ増産に対する環境への影響を懸念しており、持続可能なサトウキビ生産を迫及する姿勢がこのサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度の決定からうかがうことができる。

同制度では、ブラジル全体としてサトウキビ栽培拡大に適した面積の合計としては、63.5 百万 ha であることが発表されており、現行 (2009 年) のサトウキビ収穫面積である 8.6 百万 ha の 7.3 倍以上の面積になる。これは、一見して、ブラジルにはサトウキビ栽培拡大に適した面積が現在の収穫面積の 7 倍以上もあるため、今後、環境規制区域以外に生産を拡大してもサトウキビ栽培に適した広大な土地が

存在するものと思われる。

しかし、このサトウキビ栽培拡大に適した面積の合計には、適性の高い農地、適性が中程度の農地のみならず、適性の低い農地に加えて、現在、牧草地および農牧地も含まれている。さらに、牧草地および農牧地についても、それぞれ、適性の高い土地および中程度の土地のみならず適性の低い土地面積も含まれている。2009 年のサトウキビ収穫面積は、8.6 百万 ha に対して、適性の高い農地の合計は 7.2 百万 ha である (第 13 表)。このように、現行のサトウキビ収穫面積は、既に適性の高い農地面積を超えており、現在の収穫面積のうち 16% は適性の高い農地以外での生産であることを意味する。

州別にみると、最大の生産地であるサン・パウロ州の 2009 年の収穫面積は 4.7 百万 ha であり、同州における適性の高い農地である 4.5 百万 ha をわずかに超えている (第 13 表)。ただし、パラナ州における 2009 年の収穫面積は 0.6 百万 ha であり、一方、同州における適性の高い農地である 1.3 百万 ha は、約 2 倍となっている。また、マツグロツソ・ド・スル州やバイア州でも現行の収穫面積の約 2 倍の面積は適性が高い農地になっている。このように、全体としては、現行の収穫面積の合計は、既に生産適性の高い農地面積の合計を超えているが、パラナ州、マツグロツソ・ド・スル州、バイア州のように生産適性の高い農地での生産拡大の余地を十分に有している地域もある。ただし、このことは、州によっては適性の低い土地でサトウキビが作付されていることを意味する。なお、ブラジル全土における適性が中程度の農地は、16,341 千 ha であり、適性が高い農地を加えた面積の合計は 23,532 千 ha となる。現行のサトウキビ栽培拡大に適した面積に、適性が低い農地や牧草地および農牧地が含まれている点は、適性地域があまりに広範過ぎると言わざるを得ない。そして、今後は、適性が低い農地や牧草地および農牧地へのサトウキビ生産を誘導するのではなく、生産適性の高い農地を十分に有している州へのサトウキビ増産を促すような政策が求められる。

行政命令<sup>(1)</sup> 6961 号によるサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度では、サトウキビ栽培拡大に適した土地に作付けを誘導するための措置を有しておらず、サトウキビ栽培拡大に適した土地以外で、生産を行った場合について、罰則規定が存在しない。

第13表 州別サトウキビ収穫面積とサトウキビ栽培拡大に適した面積の比較

(単位：ha)

地域・州	2009年 収穫面積	サトウキビ生 産拡大に適し た面積合計 (6) = (1) + (2) + (3) + (4) + (5)	農地			農牧地（適性 が高い・中程 度・中程度以 下の農地合 計）(4)	牧草地（適性 が高い・中程 度・中程度以 下の農地合 計）(5)
			適性の高い農 地 (1)	適性が中程度 の農地 (2)	適性が中程度 以下の農地 (3)		
北部	24,462	1,140,598	0	73,354	0	0	1,067,244
ロンドニア							
アクレ							
アマゾナス	6,050						
ロライマ							
パラ	9,761						
アマパ							
トカンチンス	8,651	1,140,598	0	73,354	0	0	1,067,244
北東部	1,223,548	4,877,122	255,245	1,824,562	151,345	896,908	1,749,062
マラニョン	47,958	789,547	0	282,086	0	203	507,259
ピアウイ	13,175	294,375	0	137,780	0	0	156,595
セアラ	42,733	77,775	0	0	0	0	77,775
リオ・グランデ・ド・ノルテ	66,104	119,651	0	11,116	0	108,535	0
パライバ	122,890	89,973	0	24,646	0	0	65,327
ベルナンブコ	358,328	205,156	0	22,723	0	182,432	0
アラゴアス	425,000	187,299	0	5,977	0	181,322	0
セルジペ	41,931	176,753	0	0	0	176,753	0
バイア	105,429	2,936,593	255,245	1,340,234	151,345	104,560	1,085,208
南東部	5,592,582	21,495,305	4,543,089	3,611,737	72,281	599,332	12,668,866
ミナス・ジェライス	685,527	10,045,890	0	1,813,861	10,362	19,034	8,202,634
エスピリト・サント	80,150	329,654	34,508	98,952	0	0	196,194
リオ・デ・ジャネイロ	135,650	501,144	10,198	62,613	2,285	3,674	422,374
サン・パウロ	4,691,255	10,618,617	4,498,384	1,636,311	59,634	576,624	3,847,664
南部	682,675	5,740,062	1,358,301	362,966	206,953	1,595,023	2,216,820
パラナ	628,582	3,849,883	1,298,941	216,537	79,751	158,350	2,096,304
サンタ・カタリーナ	17,666	157,256	0	316	52,712	100,655	3,573
リオ・グランデ・ド・スル	36,427	1,351,349	17,013	121,334	32,824	1,180,178	0
中西部	1,123,203	30,235,430	1,034,752	10,468,270	302,574	0	18,429,833
マツグロツ・ド・スル	377,816	10,859,027	784,056	1,670,114	302,569	0	8,102,289
マツグロツ	243,167	6,812,854	29,930	4,201,015	5	0	2,581,903
ゴイアス	502,220	12,563,549	220,766	4,597,142	0	7,745,641	0
ブラジル全体	8,646,470	63,488,517	7,191,388	16,340,890	733,152	3,091,263	36,131,825

資料：AgraFNP（2010）およびDecreto 6961（2009）から作成。

ただし、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度によるサトウキビ栽培拡大に適した土地で生産を行っている Usina に対しては、政府系金融機関から融資を受けられる制度となっている。このため、サトウキビ生産に適さない地域での生産を行った Usina は、政府系金融機関からの融資を受けられない<sup>(2)</sup>。また、前述のように、Usina 設立の許認可や政府系金融機関からの融資を通じて、政府はサトウキビの新規作付けの制限ができると考えている。このため、ブラジル農牧供給省アグロエネルギー局で

は、この行政命令の仕組みで十分、サトウキビのゾーニング制度は機能するものと考えている。しかし、最近、増加傾向にある外国資本は、必ずしもブラジル国内で資金調達を行う必要がないため、既に設立されている外国資本による Usina を規制することはできないなど、この仕組みは完全に機能するとは考えにくい。また、同制度によるサトウキビ栽培拡大に適した土地で、実際に Usina 等の事業者がサトウキビ栽培を行っているか否かといった確認作業をどのようにして行うのかも課題である。基本的には衛

星情報や航空写真等を用いるが、広大なブラジル全土をすべてカバーできるかといった課題を有している。

さらに、2005年以降、ブラジルではバイオ燃料生産が急拡大し、サトウキビの作付面積が拡大し、法定アマゾン地域等にも波及している兆候があった。このため、法定アマゾン、パンタナル地域等におけるサトウキビ新規栽培を規制するための法律の整備が急務となった。こうして、環境省はこれらの地域で生産を行った場合について、罰則規定を有する法律案第6077号を2009年9月に国会に提出した。

## (2) 法律案第6077号の概要

法律案第6077号は、2009年9月17日に国会に提出された。この法案の目的は、「サトウキビに由来する砂糖、エタノールおよびその他のバイオ燃料を生産するためのサトウキビの持続可能な栽培について定め、サトウキビに関する全国的な農業生態系の地域区分を行うための規則を規定する」(同法案第1条)ことである。そして、サトウキビ由来の砂糖・エタノールおよびその他のバイオ燃料を生産するためのサトウキビの持続可能な拡大にあたっては、環境保全・生物多様性の保護および天然資源の合理的な利用、所有権に関する社会的役割への配慮、食料安全保障および適切な栄養摂取への配慮、劣化地域または放牧地域の優先的占有のための諸規則を遵守することを求めている(同法案第2条)。さらに、法定アマゾン地域、パンタナルおよびパラグアイ川流域地域でのサトウキビの作付けを禁止するとともに、自然植生地における新規の作付けを禁止している(同法案第3条第1項)。ただし、2009年9月17日までに承認された環境認可証を保有するUsinaが操業を行っている周辺地域については、この制限の適用は受けない(第3条第1項)。

また、150ha以上のサトウキビ栽培地のうち、通常の機械化を行うことができる土地で、傾斜度が12度以下である土地を機械化可能地域と定義し、同地域での火入れを段階的に禁止する(同法案第4条第1項)。この段階的禁止とは、2012年度に全収穫面積の20%、2014年度に全収穫面積の40%、2017年度に全収穫面積の100%で火入れを禁止する(同法案附属事項)。さらに、新たなサトウキビ栽培の認可要件として、食料供給に対してリスクがない

という農務省の証明書を求めている(同法案第6条)。本法令の規定に違反した場合は、個別または重複的に行政上の制裁、すなわち、50レアルから5,000万レアルまでの罰金、作業または活動の一時的もしくは恒久的な停止、生産物および副産物の廃棄、違反時に使用した器具、設備および運搬具の没収、登録・許可・承認の停止および取消等が課されることになる(同法案第8条)。

同法案は、現在(2011年5月現在)も国会で審議中であり、成立の目処がたっていない状況にあるが<sup>(3)</sup>、これが成立すれば、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度よりもさらに強力に、環境保護地域におけるサトウキビ栽培の拡大を制限することが可能となる。

ただし、同法案は、法定アマゾン地域、パンタナルおよびパラグアイ川流域地域でのサトウキビの新規の作付けを禁止しているものの、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度が定めたサトウキビ栽培拡大に適した土地以外でのサトウキビ生産を規制することは出来ず、何らの罰則規定も適用されない。このため、同法案が成立しても、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度を遵守させる仕組みは不十分である。

## (3) サトウキビ増産による間接的土地利用変化の影響

現在、バイオ燃料が環境・食料に与える影響に関しては、間接的土地利用変化に伴う環境・食料需給への影響が世界的にも懸念されている。この間接的土地利用変化とは、バイオ燃料用作物の生産により当該農地で従来生産されていた作物等が別の土地で生産される土地利用の転換を指す。その結果、GHG排出量の増加や生態系や食料需給への悪影響が世界的に懸念されている。特に、ブラジルでは、牧草地および森林でのサトウキビ作付の増加のみならず、既存の農地がサトウキビの作付けに転換することで、従来から当該農地で生産されていた作物が、牧草地および森林で新規に作付されることによる環境への悪影響が懸念されている。

サトウキビ生産の約6割を占めるサン・パウロ州では、サトウキビと他の農産物とは競合関係にあり、1990年以降、サトウキビ価格の相対的優位性からコメ、綿花からサトウキビに作物が転換している<sup>(4)</sup>。

また、中西部のセラード地域(ゴイアス、ミナス・

ジェライス、マット・グロッツ、マット・グロッツ・ド・スル州等)では、サトウキビ増産が、連邦政府により計画されているが、これは肉牛生産のための放牧と競合する。なお、セラード地域における大豆生産についてはトウモロコシ、コメといった穀物との輪作の経営体系が既に確立されている。このため、現段階では大豆との間に競合関係が生じる可能性は低いが、中・長期的にサトウキビの生産者価格が大豆の生産者価格に比べて有利な状況が続いた場合は、競合を引き起こす可能性がある。

さらに、セラード地域の農牧地がサトウキビ農地に転換する場合、法定アマゾン地域における森林地帯が、大豆畑や肉牛生産のための放牧地に転換していく可能性もある。このように、バイオエタノール生産拡大によるサトウキビ栽培の拡大は法定アマゾン地域の森林破壊の直接的な影響はなくても、間接的な土地利用変化により、法定アマゾン地域における森林破壊につながる可能性がある。

前述のように、EUによる再生可能エネルギー利用促進指令では、サトウキビからのバイオエタノール生産のライフサイクル GHG 排出量は、化石燃料に対して 71%の削減と試算している。ただし、これは土地利用変化を含まないデフォルト値<sup>(5)</sup>であり、土地利用変化を含むライフサイクル GHG 排出量は、EUからは現在までのところ公表されていない<sup>(6)</sup>。

前述のようにサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度では、牧草地および農牧地におけるサトウキビ栽培の拡大を認めている。これはブラジル連邦政府が、間接的土地利用変化の GHG 排出量への影響はほとんどないものと判断していることに起因している。カンピーナス大学の Macedo 氏は、ブラジルにおける土地利用変化を含めたサトウキビ由来のバイオエタノールのライフサイクル GHG 排出量は、ガソリンに比べて、80～90%以上の削減効果があると主張している<sup>(7)</sup>。さらに、間接的土地利用変化については、Macedo 氏をはじめ、ブラジルの研究者や政府関係機関の職員の多くが、大豆をはじめとした農産物生産性(単収)の向上により、従来に比べて比較的少ない面積で、農産物を増産できるので森林や草地、農地への転換は少ないと主張している<sup>(8)</sup>。また、技術進歩により、従来に比べて少ない面積で飼養頭数を増加させることで、牧草地の需要が減少することを主張している。このように、ブラジルの

連邦政府関係者や研究者は、農畜産物の生産性向上により、間接的土地利用変化による影響を緩和することができるかと主張している。ただし、こうした主張は、現在までのところ学術的にそれを裏付ける研究報告を欠いている。今後、こうした主張を裏付けられるような農畜産物の生産性向上が間接的土地利用変化に与える影響についての研究が求められる。

#### (4) 持続可能なサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度

これまでみてきたように、ブラジル連邦政府は、行政命令 6961 号によるサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度、および法律案第 6077 号によって、今後、バイオエタノール・砂糖需要の増大に伴うサトウキビ増産において、環境と調和した持続可能な生産を行う方針である。特に、同法案に関してはこれまでにない画期的な法案である。第 1 に、法定アマゾン地域、パンタナルおよびパラグアイ川流域地域でのサトウキビの作付けを禁止し、これに違反した場合の罰則規定を定めている点を評価したい。第 2 に、同法案により、機械化可能地域を定義付け、機械化可能地域において、段階的に火入れを禁止する点も評価したい。第 3 に、サトウキビ生産拡大が食料供給にリスクを与えないような配慮も明記されている点も評価したい。第 4 に、サトウキビ生産拡大に当たり、生物多様性の保護や所有権に関する社会的役割への配慮が明記されている点も評価したい。

ただし、ブラジルにおいて持続可能なサトウキビ生産を行うためには、今後、いくつかの基準の見直しや新規基準の設定が必要である。まず、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度に関しては、前述のように、サトウキビ栽培の適性基準が甘すぎると言わざるを得ない。特に、牧草地および農牧地が含まれているため、間接的土地利用変化による環境への悪影響のリスクを有する。また、生産適性の高い農地を十分に有している州におけるサトウキビ生産の振興を政策的に誘導していくことが必要である。しかし、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度では、サトウキビ栽培拡大に適した土地以外で、サトウキビ生産を行っても罰則規定はない。このため、同法案が成立しても、サトウキビ農業生態学的ゾーニング制度を遵守させる体制は不十分である。

さらに、法律案第 6077 号の法案に関しては、国際的に理解が得られる持続可能なサトウキビ生産体

制を実現するのであれば、この法案の成立後、同法の施行規則や行政命令としていくつかの基準を、明確化する必要がある。第1に、ブラジル連邦政府が既存農地からの生産、放牧地・森林からの転換によるサトウキビを原料とするバイオエタノール生産におけるライフサイクルGHGのデフォルト値を発表するとともに、製品としてのバイオエタノールの国内流通・輸出に向けたライフサイクルGHG排出削減基準値(対ガソリン比)を科学的根拠に基づいて、国内外に示すことが必要である。第2に、サトウキビ生産の拡大が、周辺地域の生物多様性に与える影響への配慮についても、同法案第2条および第3条で言及されているが、具体的な作付制限に関する規定を策定することが必要である。第3に、サトウキビ生産における土地所有問題についても、同法案第2条で言及されているが、今後、これに十分に配慮する規定を策定することが必要である。第4に、サトウキビ生産者の労働環境の整備といった社会的条件に配慮した規定も今後、必要である。第5に、新たなサトウキビ栽培の認可要件としては、食料供給に対してリスクがないという農牧供給省の証明書が必要とされているが、この点については農牧供給省において、定性的分析のみならず分析モデルを用いた計量的分析が今後、必要であると考えられる。

注(1) Decretoは命令とも訳されるが、本研究では行政命令で統一する。そもそも、行政命令(Decreto)とは、行政府により発令される規範命令(Decreto regulamentar)であり、行政命令は行政府の専権事項に関し発令されるもので、先行法律の決定を細則化するためのものである。しかし、それに反すること、それに規定されていることを超えることはできない(二宮 2005)。

- (2) 同制度では2009年9月17日以前に建設されたもしくは建設が計画されたUsinaは適用除外となる。
- (3) 2011年5月現在でも、同法案の審議は進んでいない。これは、同法案による持続可能性基準のうち環境基準に対して慎重な対応を求める農業者団体等の影響が考えられる(環境省へのヒアリング結果(2010年12月))。
- (4) 詳細については小泉(2007)を参照されたい。
- (5) デフォルト値とは、厳密にデータが入手できない場合に代替値を用いて計測したGHG排出量を意味する。
- (6) また、米国のEPA(環境保護局)が2010年2月に公表した再生可能燃料基準最終規則では、ブラジルにおけるサトウキビ由来のバイオエタノールはガソリンに

比べて61%削減すると発表された。EPAによると、このデフォルト値は国際的間接的土地利用変化を含めたものとしているが、本研究およびEUにおける間接的土地利用変化の概念とは異なっている。また、我が国でも「非化石エネルギー源の利用に関する石油精製業者の判断の基準」(平成22年経済産業省告示第242号)により、ブラジル産サトウキビ由来バイオエタノールのGHG排出量の既定値が示されているが、ガソリンと比較したGHG排出量の削減率は明示されていない。

- (7) カンピーナス大学Macedo氏へのインタビュー結果(2010年3月, 2010年11月)。
- (8) カンピーナス大学Macedo氏をはじめ、ICONE(国際戦略研究所)、Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento(農牧供給省)へのインタビュー結果(2010年11月)。

## 5. 結論

バイオエタノールや砂糖の国内外の需要拡大を背景として、ブラジルではサトウキビの増産が続いている。しかし、アマゾン地域などへのサトウキビの作付拡大に対しては、環境への影響に対する国際的な懸念の声が高まっている。こうした状況の下、ブラジル政府はサトウキビ農業生態学的ゾーニング制度を導入して、サトウキビ生産を持続可能な方向へ誘導することを図っている。同制度は、サトウキビ栽培拡大に適した土地面積を適性の種類ごとに明示した点がこれまでの制度にない特徴であり、同制度は、サトウキビの持続可能な生産体制の構築のための第一歩として、大きな意義を有すると言える。ただし、今後、同制度が実際に有効に機能していくためには、サトウキビ栽培の適正基準を厳しく細分化していくこと、規程に違反した場合の罰則規定を有すること等の課題を有する。

ブラジルのサトウキビを原料としたバイオエタノールおよび砂糖は、ブラジルのみならず、世界的に流通している国際商品である。特に、ブラジル産のバイオエタノール・砂糖を輸入・消費している国・地域は、自国・地域の需要を満たすために行われたブラジルにおけるサトウキビ生産拡大の環境および食料安定供給への影響、そして社会的影響に対しても責任を有している。つまり、ブラジルにおけるサトウキビ生産拡大が及ぼす環境・食料安定供給・社会的影響は、国レベルのみで考えるような案件ではなく、関係国全体で考えていく必要がある。

同制度に関しては、ブラジル政府の主張とは異なり、導入される規制の有効性には疑念が残っている。このため、今後は、決定された規定をどのように遵守させていくのが極めて重要な課題である。特に、必要とされるのは、サトウキビ栽培拡大に適した土地以外でのサトウキビ生産を十分に監視していく体制を構築していくことであるが、衛星等を活用したモニタリング体制については、ブラジル連邦政府のみの対応では限界があると考えられるため、ブラジル連邦政府のみならず国際的な協力が必要となるものとする。

### 〔引用文献〕

- AgraFNP (2009), *Agriannual 2009, Anuario da Agricultura Brasileira*, AgraFNP.
- AgraFNP (2010), *Agriannual 2010, Anuario da Agricultura Brasileira*, AgraFNP.
- バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会 (2010)「バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会 (中間とりまとめ)」.
- Decreto 6961 号 (2009)「ブラジル連邦共和国行政命令」,2009 年 9 月 17 日 .
- European Parliament(2008),*Promotion of the use of energy from renewable sources*, P6TA-PROV (2008) 0609.
- F.O.Licht (2009), *International Sugar and Sweetner Report*, F.O.Licht.
- F.O.Licht (2010), *F.O.Licht World Ethanol & Biofuels Report, Vol.8, No16*, F.O.Licht.
- Granda, C.B., L Zhu and M.T. Holtzaple (2007), “Sustainable Liquid Biofuels and their environmental Impacts”, *Environmental Progress*, Vol.26, 2007, 233 ~ 250 ページ.
- Goldemberg, J. (1996), “The Evolution of Ethanol Costs in Brazil”, *Energy Policy* 24(12), 1127 ~ 1128 ページ .
- IBGE (2009), Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais:*Contas Regionais do Brasil 2009*,IBGE.
- 石黒馨 (2003)『ラテンアメリカ経済学－ネオリベラリズムを超えて－』, 世界思想社, 27 ページ.
- 小泉達治 (2007)『バイオエタノールと世界の食料需給』, 筑波書房, 81 ~ 85 ページ, .179 ~ 265 ページ .
- Macedo, I.C, J E.A. Seabra and J E.A.R.Silva (2008), “Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020”, *Biomass&Bioenergy*, 2008, 582 ~ 595 ページ.
- Martinelli L A and F.Solnage (2008), “Expansion of Sugarcane Ethanol Production in Brazil: Environmental and Social Challenges”, *Ecological Application*, 18(4), 885 ~ 898 ページ .
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2010), *Projeções do agronegócio 2009/10 a 2019/20*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- Ministério de Minas e Energia (2009), *Brazilian Energy Balance 2009*. Ministério de Minas e Energia, Brazil.
- 二宮正人・矢谷通朗 (1993)『ブラジル法要説 法令・判例へのアプローチ』, アジア経済研究所, 31 ページ .
- ピエール・モンバーク著, 山本正三・手塚章訳 (1992)『ブラジル』, 白水社, 51 ~ 52 ページ .
- 清水純一 (2008)「ブラジルにおけるバイオエタノール生産」, 『燃料か食料か バイオエタノールの真実』(坂内久, 大江徹男編) 日本経済評論社, 43 ~ 54 ページ .
- Smeets E, M Junginger, A Faaji, A Waletz and P Dolzan (2008), “The sustainability of Brazilian ethanol-An assessment of the possibilities of certified production”, *Biomass and Bioenergy*, 32, 781 ~ 813 ページ.
- USDA-FAS (Foreign Agricultural Service, U.S. Department of Agriculture) (2010), *Brazil Bio-Fuels Annual-Ethanol Report*,
- 吉田邦夫(1998)『環境大辞典』, 工業調査会, 71 ページ.

附属資料1 ブラジル地図



附属資料2 ブラジルにおけるサトウキビ生産量の推移（州別）

地域・州	1993年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
北部	771	842	725	473	598	796	581	916	874	795	798	956	1,085	1,166	1,199	1,322	1,729
ロンドニア	20	16	17	24	22	23	20	19	19	16	25	30	49				
アクレ	19	17	17	5	5	6	6	7	10	11	18	23	26				
アマゾナス	108	104	53	8	10	148	184	218	239	244	228	235	340	350	318	366	366
ロライマ						0.47	1	1	1	1	1	1	1				
パラ	451	478	425	344	444	496	241	520	387	369	368	504	505	618	678	575	698
アマパ	0	0.2	0.3	1.7	1	2	2	1	2	2	2	2	2				
トカンチンス	173	226	213	90	116	120	127	150	216	152	157	160	162	198	203	382	664
北東部	39,609	57,327	60,659	53,779	61,374	63,286	53,396	58,856	59,895	59,726	65,093	65,499	60,875	64,418	68,641	74,075	71,696
マラニョン	1,844	1,591	1,366	928	1,290	1,122	981	1,110	771	1,407	1,703	1,652	1,968	2,297	2,413	3,012	2,982
ピアウイ	811	874	904	501	450	491	489	396	394	409	476	524	648	641	779	778	835
セアラ	1,596	1,923	2,029	1,152	1,245	1,853	1,943	1,792	1,729	1,669	1,743	1,762	1,787	1,617	2,251	2,271	2,326
リオ・グランデ・ド・ノルテ	1,373	2,350	2,336	2,426	2,378	1,946	1,597	2,376	1,750	2,846	3,153	3,257	3,286	3,391	3,837	4,105	4,115
パライバ	1,838	4,586	6,522	3,948	4,458	3,478	3,188	3,987	4,895	4,985	6,074	6,364	4,976	6,059	6,222	6,297	6,308
ペルナンブコ	14,347	19,259	20,665	18,784	20,765	19,622	12,253	15,167	15,977	17,626	18,522	19,015	17,115	17,596	19,637	20,273	19,579
アラゴアス	12,922	21,740	21,573	20,754	24,850	28,524	26,860	27,798	28,693	25,171	27,221	26,284	23,724	24,720	24,920	29,220	26,988
セルジペ	1,490	1,454	1,242	1,248	1,394	1,389	1,286	1,353	1,328	1,165	1,449	1,697	1,777	1,956	2,402	2,430	2,624
バイア	3,390	3,549	4,021	4,038	4,543	4,860	4,799	4,879	4,358	4,447	4,752	4,944	5,593	6,142	6,179	5,689	5,941
南東部	173,175	199,281	201,052	215,644	220,029	226,642	224,607	217,208	225,479	241,150	259,789	276,593	291,991	309,326	344,705	449,871	466,802
ミナス・ジェライス	15,743	16,212	16,726	13,331	16,262	16,918	17,557	18,706	18,975	18,231	20,787	24,332	25,386	32,213	38,741	47,915	54,503
エスピリト・サント	1,900	2,078	2,070	2,437	2,378	2,404	2,440	2,376	2,481	2,996	3,786	4,080	4,241	4,206	4,521	5,176	5,250
リオ・デ・ジャネイロ	6,885	6,891	7,295	7,555	7,364	7,537	7,466	7,086	5,091	7,215	7,235	8,653	7,554	6,835	5,965	6,583	6,509
サン・パウロ	148,647	174,100	174,960	192,320	194,025	199,783	197,144	189,040	198,932	212,707	227,981	239,528	254,810	266,071	295,477	390,197	400,539
南部	15,571	17,760	21,687	24,645	25,806	28,075	28,627	24,660	29,103	29,815	33,711	34,272	31,228	35,743	48,049	53,430	54,904
パラナ	13,694	15,946	20,430	23,468	24,564	26,642	27,106	23,192	27,424	28,083	31,926	32,643	29,717	33,916	45,888	51,244	52,877
サンタ・カタリーナ	837	768	427	346	418	484	501	509	635	656	649	603	602	660	735	757	764
リオ・グランデ・ド・スル	1,041	1,046	831	831	824	948	1,020	959	1,044	1,075	1,136	1,026	909	1,167	1,427	1,428	1,263
中西部	15,404	16,891	19,577	22,565	23,806	26,456	26,636	24,481	28,942	32,905	36,621	37,886	37,778	44,639	53,228	70,276	91,515
マットグロッソ・ド・スル	4,085	3,840	4,922	5,563	5,390	6,388	6,959	5,837	7,557	8,575	9,031	9,572	9,514	12,012	15,840	21,362	32,990
マットグロッソ	4,284	5,230	6,945	8,462	9,988	9,871	10,289	8,470	11,118	12,641	14,667	14,291	12,596	13,578	15,000	15,844	16,646
ゴイアス	7,033	7,818	7,690	8,533	8,396	10,187	9,377	10,163	10,253	11,674	12,908	14,001	15,642	19,050	22,388	33,070	41,879
ブラジリア特別区	2	3	19	7	32	9	12	11	14	15	16	21	26				
ブラジル全体	244,531	292,102	303,699	317,106	331,613	345,255	333,848	326,121	344,293	364,389	396,012	415,206	422,957	455,291	515,821	648,974	686,646

資料：AgraFNP (2010) より作成。

附属資料3 ブラジルにおけるサトウキビ収穫面積の推移(州別)

地域・州	1993年	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
北部	17,218	16,944	14,131	9,499	11,265	14,663	11,937	15,794	14,956	13,279	13,105	15,339	17,667	18,257	18,229	20,255	24,462
ロンドニア	447	367	393	567	630	637	548	410	504	210	348	415	700				
アクレ	711	668	659	198	177	198	177	220	239	305	529	648	717				
アマゾナス	3,141	2,863	1,547	635	637	3,076	3,576	4,092	4,145	4,237	3,715	3,827	5,740	5,967	5,045	6,050	6,050
ロライマ																	
パラ	8,375	8,417	7,109	5,956	7,016	7,532	4,184	7,168	5,884	5,320	5,303	7,265	7,301	8,761	9,455	7,889	9,761
アマパ	10	10	15	90	77	82	70	65	90	85	93	93	72				
トカンチンス	4,534	4,619	4,408	2,053	2,728	2,936	3,105	3,562	3,740	2,763	2,745	2,722	2,762	3,529	3,729	6,316	8,651
北東部	1,022,653	1,188,843	1,246,516	1,139,688	1,199,348	1,203,794	1,076,878	1,061,489	1,090,232	1,096,827	1,112,223	1,136,511	1,127,812	1,128,343	1,189,896	1,237,607	1,223,548
マラニョン	35,006	30,145	24,512	17,473	21,629	21,649	18,697	19,912	21,524	23,109	27,920	26,791	31,728	39,371	40,831	48,685	47,958
ピアウイ	16,892	14,541	14,631	8,058	8,503	9,168	8,500	7,241	6,942	7,700	8,693	9,012	9,966	10,213	12,372	12,629	13,175
セアラ	45,627	42,425	43,456	25,302	25,609	40,448	38,151	34,535	33,651	33,974	33,312	33,972	35,098	29,067	40,098	42,159	42,733
リオ・グランデ・ド・ノルテ	49,831	53,776	53,723	55,688	54,693	47,016	42,688	43,380	34,741	48,980	49,019	52,333	53,914	55,623	61,424	65,894	66,104
パライバ	92,731	114,390	145,734	101,655	109,490	106,142	83,548	90,964	98,177	98,897	111,716	116,671	105,403	116,115	120,004	122,587	122,890
ペルナンブコ	363,335	399,865	417,812	401,000	420,580	402,042	322,549	304,499	339,350	348,217	359,387	363,554	367,022	332,368	356,520	371,374	358,328
アラゴアス	322,505	438,527	449,746	432,236	450,470	460,952	451,447	448,155	455,643	437,979	415,669	423,225	406,788	412,000	413,679	434,000	425,000
セルジペ	27,675	24,852	21,723	22,744	23,197	22,928	21,198	21,048	20,526	17,584	22,687	25,202	26,867	31,356	38,616	38,895	41,931
バイア	69,051	70,322	75,179	75,532	85,177	93,449	90,100	91,755	79,678	80,387	83,820	85,751	91,026	102,230	106,352	101,384	105,429
南東部	2,357,142	2,637,268	2,728,496	2,954,877	2,936,238	3,059,292	3,051,354	2,973,611	3,070,061	3,146,810	3,340,536	3,517,364	3,666,508	3,931,461	4,203,115	5,362,104	5,592,582
ミナス・ジェライス	260,685	262,111	267,551	247,265	279,018	279,449	280,329	291,083	294,178	277,897	303,043	334,658	349,104	430,922	496,890	608,250	685,527
エスピリト・サント	33,851	35,470	40,258	45,520	45,942	46,996	48,739	43,914	46,684	47,751	58,039	60,128	64,373	64,042	68,816	78,249	80,150
リオ・デ・ジャネイロ	166,856	166,487	161,787	168,912	164,978	167,897	167,286	158,824	162,021	160,212	161,850	170,774	168,279	151,816	132,344	137,407	135,650
サン・パウロ	1,895,750	2,173,200	2,258,900	2,493,180	2,446,300	2,564,950	2,555,000	2,484,790	2,567,178	2,660,950	2,817,604	2,951,804	3,084,752	3,284,681	3,505,065	4,538,198	4,691,255
南部	238,724	264,372	291,429	338,182	344,061	356,399	386,423	375,221	386,236	409,298	422,732	447,940	453,673	483,246	592,438	649,445	682,675
パラナ	190,169	215,796	255,551	285,147	300,070	310,394	338,410	327,165	338,013	358,874	373,839	399,527	404,520	432,815	538,931	594,585	628,582
サンタ・カタリーナ	15,250	14,664	8,976	17,402	16,204	16,124	15,880	15,980	16,933	17,422	16,728	16,480	16,714	17,154	17,740	18,084	17,666
リオ・グランデ・ド・スル	33,305	33,912	26,902	35,633	27,787	29,881	32,133	32,076	31,290	33,002	32,165	31,933	32,439	33,277	35,767	36,776	36,427
中西部	227,965	237,833	278,490	308,050	323,172	351,671	372,252	373,396	396,412	434,191	482,424	514,587	539,858	591,622	688,794	871,817	1,123,203
マットグロッソ・ド・スル	62,103	58,512	74,815	80,885	82,007	86,921	93,672	98,938	99,673	112,100	120,534	130,970	136,803	152,747	191,577	252,544	377,816
マットグロッソ	69,829	74,670	98,906	118,506	133,950	136,462	147,873	135,029	166,510	176,666	196,684	206,829	205,961	206,298	219,217	218,873	243,167
ゴイアス	95,981	104,582	104,498	108,352	106,733	128,093	130,446	139,186	129,921	145,069	164,861	176,328	196,596	232,577	278,000	400,400	502,220
ブラジリア特別区	52	69	271	307	482	195	261	243	308	356	345	460	498				
ブラジル全体	3,863,702	4,559,260	4,559,062	4,750,296	4,814,084	4,985,819	4,898,844	4,804,511	4,957,897	5,100,405	5,371,020	5,631,741	5,805,518	6,152,929	6,692,472	8,141,228	8,646,470

資料：AgraFNP (2010) より作成。

# The Brazilian Sugarcane Agro-ecological Zoning System: Background, Details, and Evaluation

Tatsuji KOIZUMI

## Summary

Brazil is the world's largest sugar producer and exporter and also the largest bioethanol exporter. Brazilian sugar and bioethanol are produced from sugarcane. Brazilian sugar and bioethanol consumption and production have been increasing. The Brazilian federal government plans to increase sugarcane production in the future. However, sugarcane production has expanded not only in conventional crop areas but also in areas with environmental restrictions, such as the Amazon region, the Pantanal, and the Paraguay River basin. Environmental groups are concerned about negative impact on these areas. Knowing that it must establish rules and laws to promote sustainable sugarcane production, the federal government decided to set up a sugarcane agro-ecological zoning system based on administration rule No. 6961. In addition, Law No. 6077 was proposed to Congress in 2009. The sugarcane agro-ecological zoning system regulates land adaptation for sugarcane production in each region. It is expected that this system may lead to sustainable sugarcane production in Brazil. However, the zoning categories for adapted areas were very vague and no punishments were established. As for Law No. 6077, the setting of criteria for bio-diversity, land ownership, and food supply is essential. The federal government must establish a monitoring system for the zoning areas based on the sugarcane agro-ecological zoning system. International cooperation in monitoring these areas using satellite information is also needed.