

ブラジル・バイオ燃料の現状と展望

環境面・社会面からの課題

在リオデジャネイロ日本国総領事館
専門調査員 福代孝良

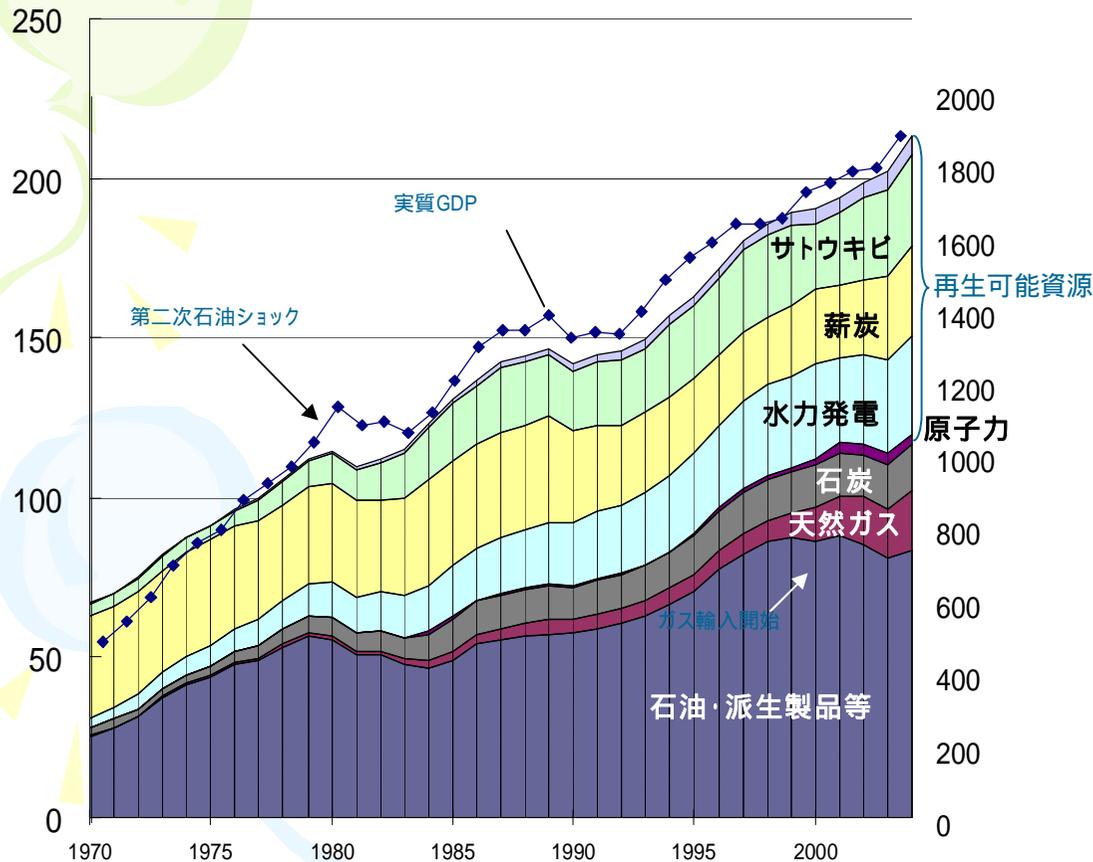
本報告は、専門調査員の個人的見解であり、総領事館ならびに日本政府の見解ではありません。
本資料の無断での転用・引用はご遠慮下さい。本資料内情報により、支障・損失が生じても当方では
一切の責任を負いません。データの利用やご相談につきましては、詳しくはメール
(t.fukuyo@nifty.com まで)にてご相談下さい。



発表内容

- バイオマス大国ブラジル
 - 再生可能資源エネルギー大国
 - 国家アルコール計画による輸送燃料におけるエタノール利用拡大
 - フレックス自動車の普及・今後の需給予測
- 環境および食糧生産への影響
 - ブラジル・エタノールのエネルギーバランスと排出削減効果
 - 農業生産の現状と農地利用の実態
 - アマゾン森林破壊の現状
 - 今後の農地拡大の可能性

ブラジル一次エネルギー供給



出典: ブラジルエネルギー研究所
EPEエネルギーバランス統計より報告者作成

- 再生可能資源割合が2004年43%と高いのが特徴(サトウキビ・薪炭・水力)
- 一般的には薪炭等バイオマス資源から石油等化石資源中心に移るが、アルコールにより、石油ショックを乗り切る。
- サトウキビアルコール燃料使用および木炭銑鉄製造の存在がバイオマスの高い利用率を特徴付けている。
- 電力部門においては8割～9割が水力
- 近年は天然ガス導入が進みつつある。
- 石油自給が進み、全体としてもエネルギー自給率は87%と高い。

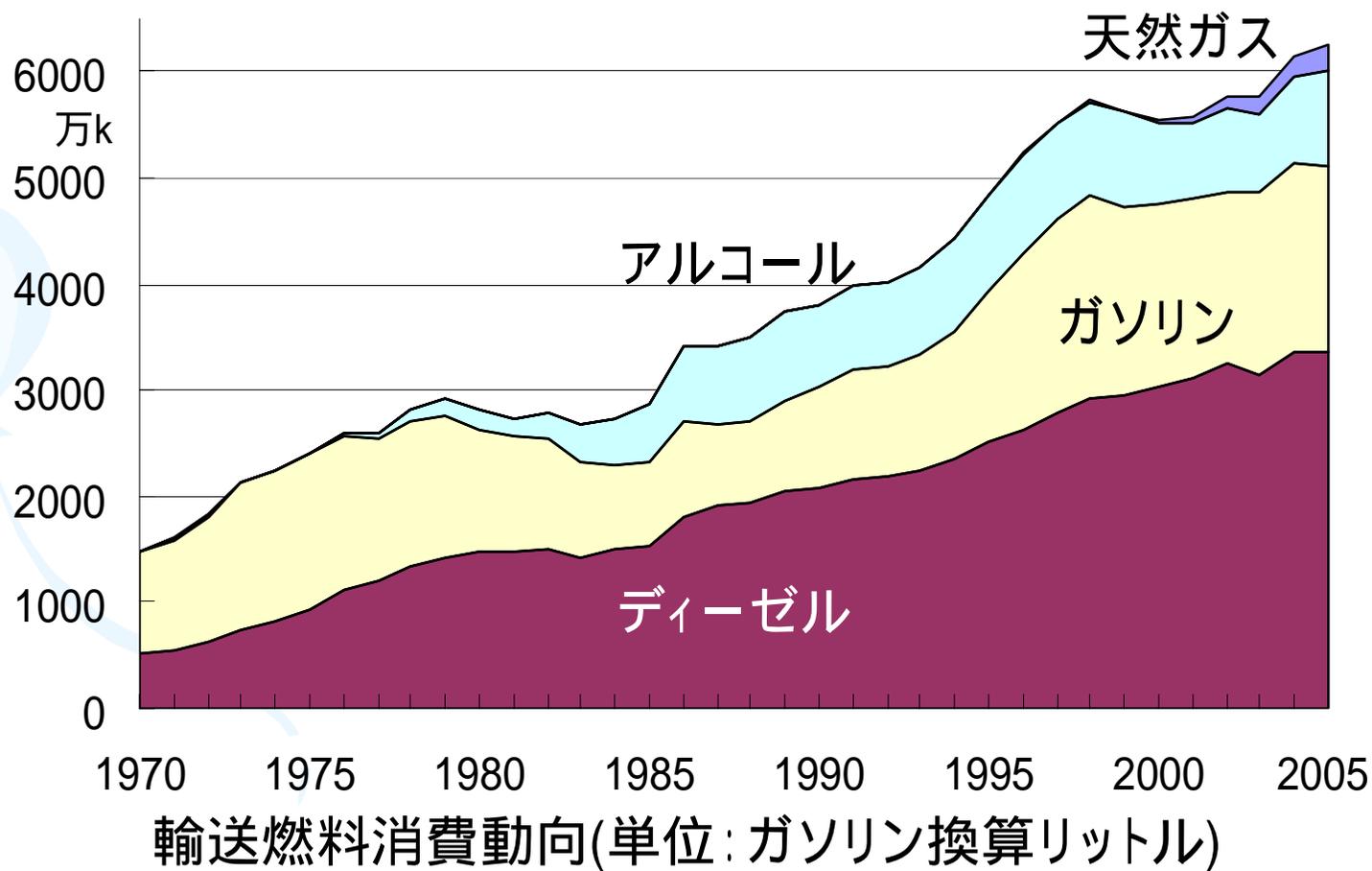
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004	2005*	2020*
石油	38%	48%	48%	38%	41%	43%	45%	39%	38%	33%
天然ガス	0%	1%	1%	2%	3%	3%	5%	9%	9%	14%
石炭	4%	3%	5%	8%	7%	7%	7%	7%	6%	8%
原子力	0%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	1%	1%	1%
水力	5%	7%	10%	12%	14%	15%	16%	14%	15%	12%
薪炭	48%	36%	27%	25%	20%	14%	12%	13%	13%	13%
サトウキビ	5%	5%	8%	14%	13%	14%	11%	13%	14%	15%
その他	0%	0%	1%	1%	1%	2%	2%	3%	3%	5%

自給率 * NET量等については未調整(天然ガスはNET)

	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2004
全体	73%	60%	57%	80%	74%	69%	78%	87%
石油	32%	20%	17%	57%	56%	51%	74%	92%
天然ガス	100%	100%	100%	100%	100%	100%	81%	63%
石炭	47%	41%	42%	35%	20%	17%	19%	15%
原子力	-	-	-	110%	9%	0%	7%	113%
水力	100%	100%	100%	99%	89%	88%	87%	90%
薪炭	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
サトウキビ	100%	100%	101%	107%	97%	95%	96%	102%
その他	100%	100%	100%	100%	101%	100%	100%	100%

自給率 * NET量等については未調整

ブラジルにおける輸送燃料消費推移



出典: ブラジルエネルギー研究所
EPEエネルギーバランス統計より報告者作成

ブラジルエタノールの優位性

エネルギー収支(効率) *

サトウキビ	8.3
てん菜	1.9
コーン	1.3 ~ 1.8
小麦	1.2

* 生産エネルギー / 投入エネルギー

出所: ICONE 2006発表資料より

* エタノールについては、0.8 ~ 1.8程度という批判も多いが、同批判は主に米国トウモロコシエタノールに対するものであり、生産方法によって大きく異なる。

生産コスト(USD / リットル)

生産国	作物	
EU	てん菜	0.53
EU	その他穀類	0.45
カナダ	トウモロコシ	0.33
米国	トウモロコシ	0.3
ブラジル	サトウキビ	0.22

出所: ICONE 2006発表資料より

- ブラジルサトウキビエタノールは、世界的に他の主要バイオ燃料原料作物と比べ、エネルギー効率も高く、生産コストが低いのが特徴。

サトウキビ1トンあたりのエネルギー投入量・生産量 (Kcal)

投入エネルギー (A)	60,017
サトウキビ生産(農業部門)	48,208
農業オペレーション	9,097
輸送	10,261
肥料	15,890
土壌改良、殺虫剤等	4,586
苗	1,404
機材	6,970
エタノール生産(工業部門)	11,809
電力・火力	0
化学物質、潤滑油	1,520
建造物	2,860
機材	7,429
生産エネルギー (B)	499,400
エタノール熱量	459,100
余剰バガス(搾り粕)	40,300
エネルギーバランス(生産量(A) / 投入量(B))	8.32

出所: CTC, 2003 Copersucar技術センター

温暖化ガス排出削減効果

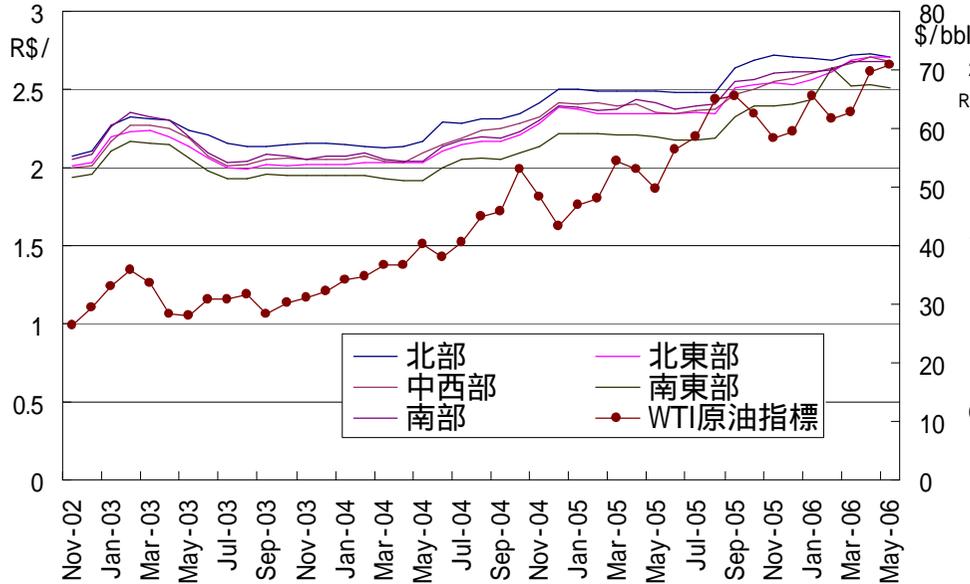
サトウキビ1トンからのエタノール生産における排出量および
生産エネルギーによる燃料代替時削減量(単位: CO2換算トン)

	無水エタノール	含水エタノール
化石燃料使用	19.2	19.2
火入れ:メタン・N2O排出	9.0	9.0
土壌からのN2O排出	6.3	6.3
排出量合計	34.5	34.5
バガス(絞り滓)の代替利用による削減量効果	12.5	12.5
エタノール利用による代替	242.5	169.4
代替による削減量	255.0	181.9
純削減量	220.5	147.4
1k 当たりの純削減量	2.6	1.7
削減量に対する排出量の割合	13.5%	19.0%

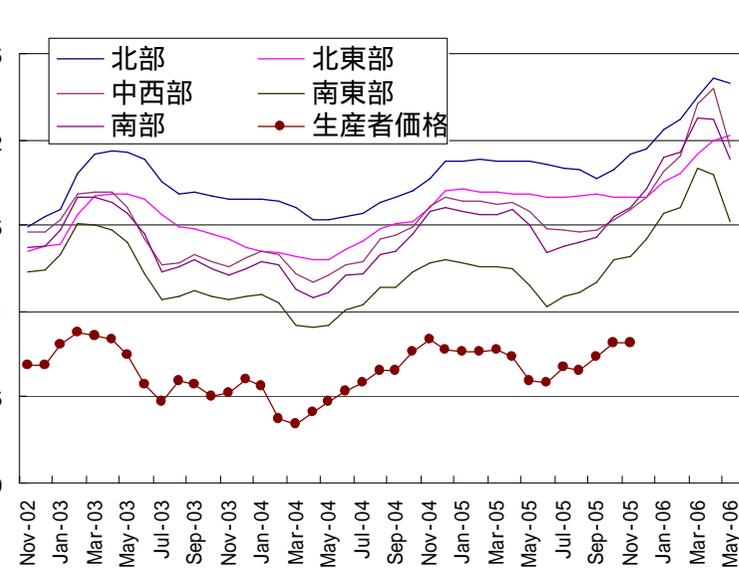
出所:CTC,2003 Copersucar技術センター

エタノール価格とガソリン価格の動向

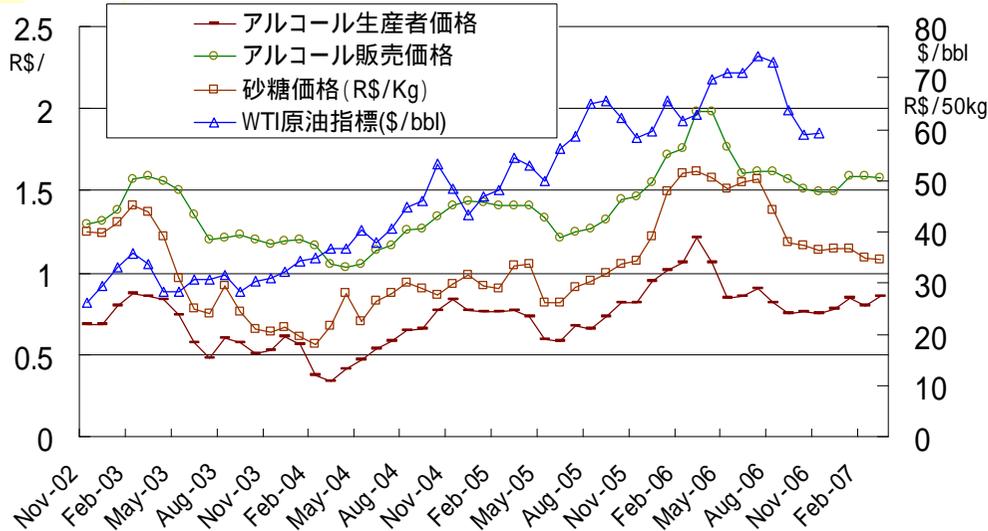
ブラジル国内ガソリン価格地域格差と国際原油価格



アルコール末端価格地域格差と生産者価格平均



全伯アルコール末端価格、生産者価格、砂糖価格推移



・価格は全て加重平均(石油監督庁統計)

・ガソリンは地域による価格差が少ないが、エタノール価格差は極めて大きい。パイプライン等の輸送インフラ不足、生産地の集中が要因

・エタノール販売価格は、砂糖価格、エタノール生産者価格と連動しているが、エタノール需要構造はフレックス自動車普及によって大きく変化しつつある。

・ブラジルにおけるエタノール採算ラインは、原油価格1バレル40ドルともいわれている。

エタノール価格とガソリン価格の動向

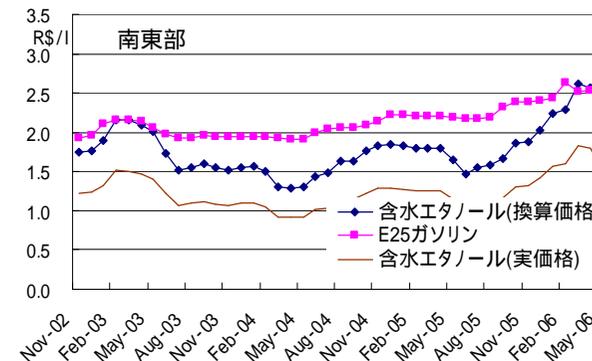
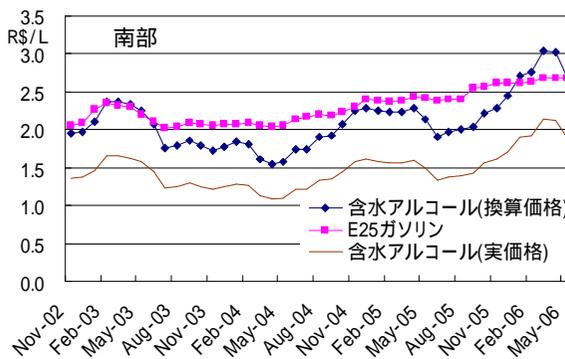
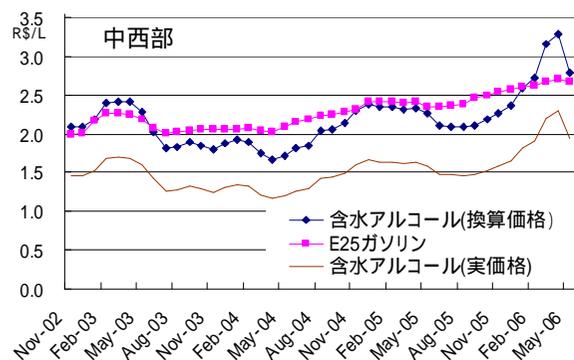
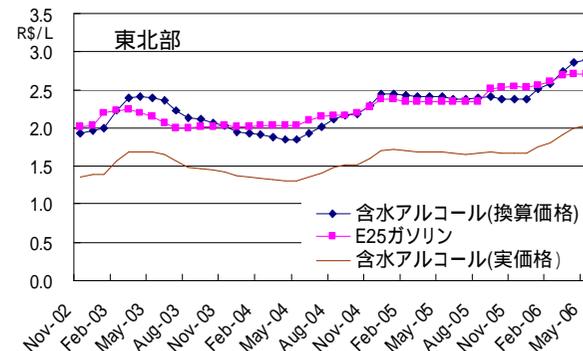
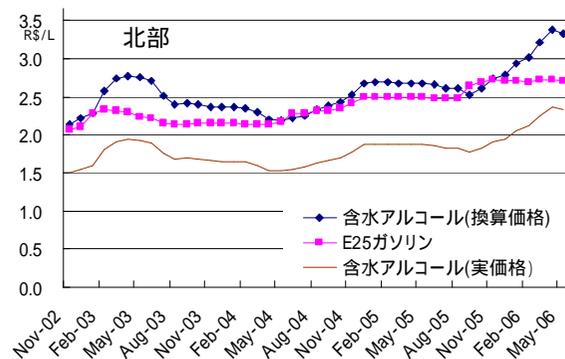
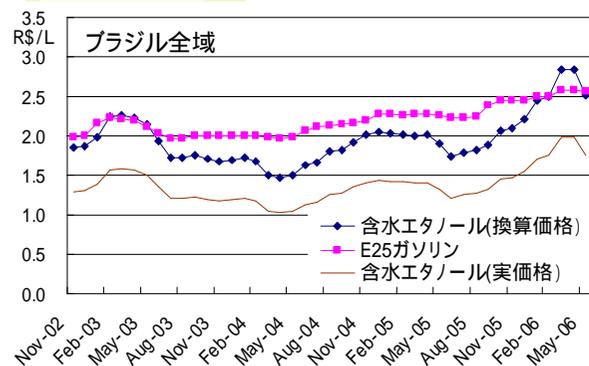


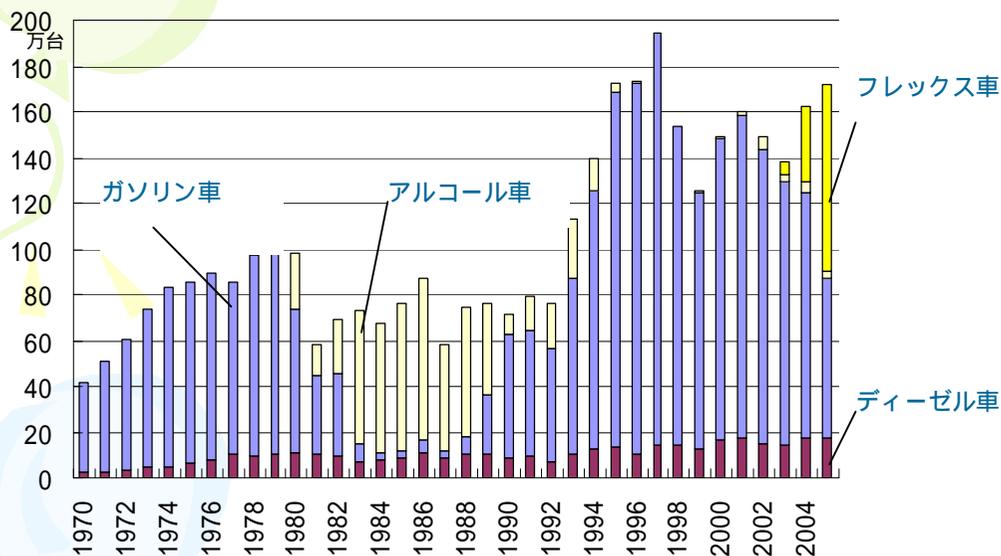
図 含水エタノール価格とガソリン価格推移(2002年2月～2006年3月)

出所: ANP(ブラジル石油・天然ガス・バイオ燃料監督庁)データより筆者作成

・アルコール換算価格は、E25ガソリンと同等熱量が得られる1.43分の価格

・南東部、南部、中西部においては熱量換算済エタノール価格の方がガソリン価格より、安価ではあるが、その他北部、北東部は同程度か割高となっている。全国的に常に非収穫期にはガソリン価格と同レベルか、それ以上になっているが、昨年初旬は全国的な需要増大により、割高となった。

フレックス自動車の普及とエタノール需要増の可能性



ブラジル新車販売台数推移 (大型車・商用車含む)

出所：ANFAVEA(ブラジル自動車産年鑑),2006より作成

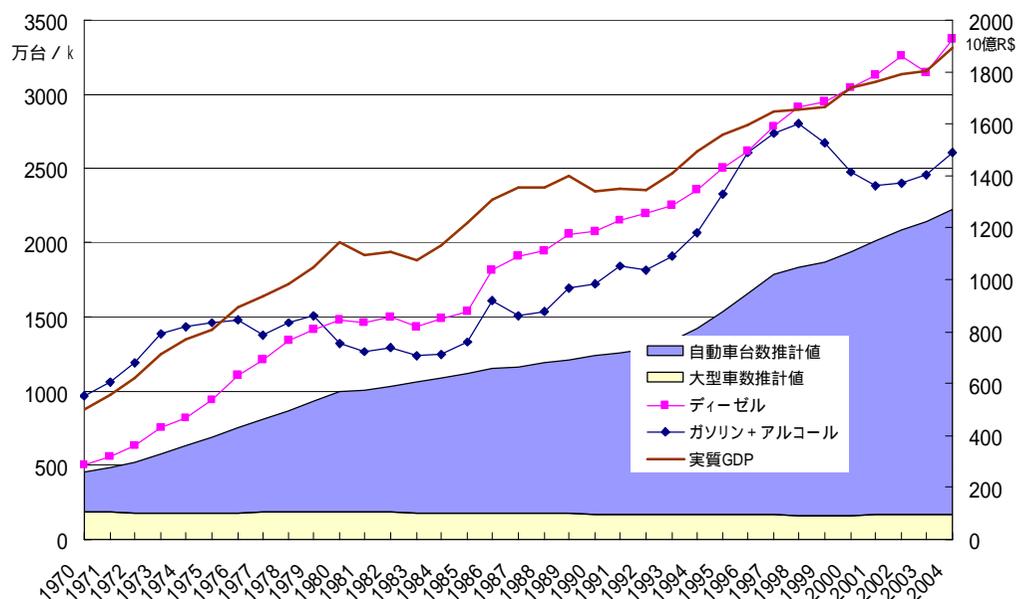
- フレックス車普及に伴う最大エタノール需要量予測(万k)

	2010	2015
エタノール100	2276	4052
E25混合分	406	108
エタノール需要合計	2682	4160
エタノール生産量	2540	3690

- エタノールとガソリンは代替関係にあるため、ガソリン需給と共に普通自動車燃料全体の需給を分析する必要がある。

フレックス車
 •2003年フレックス車販売以降、急速に増加、現在8割以上がフレックス車販売

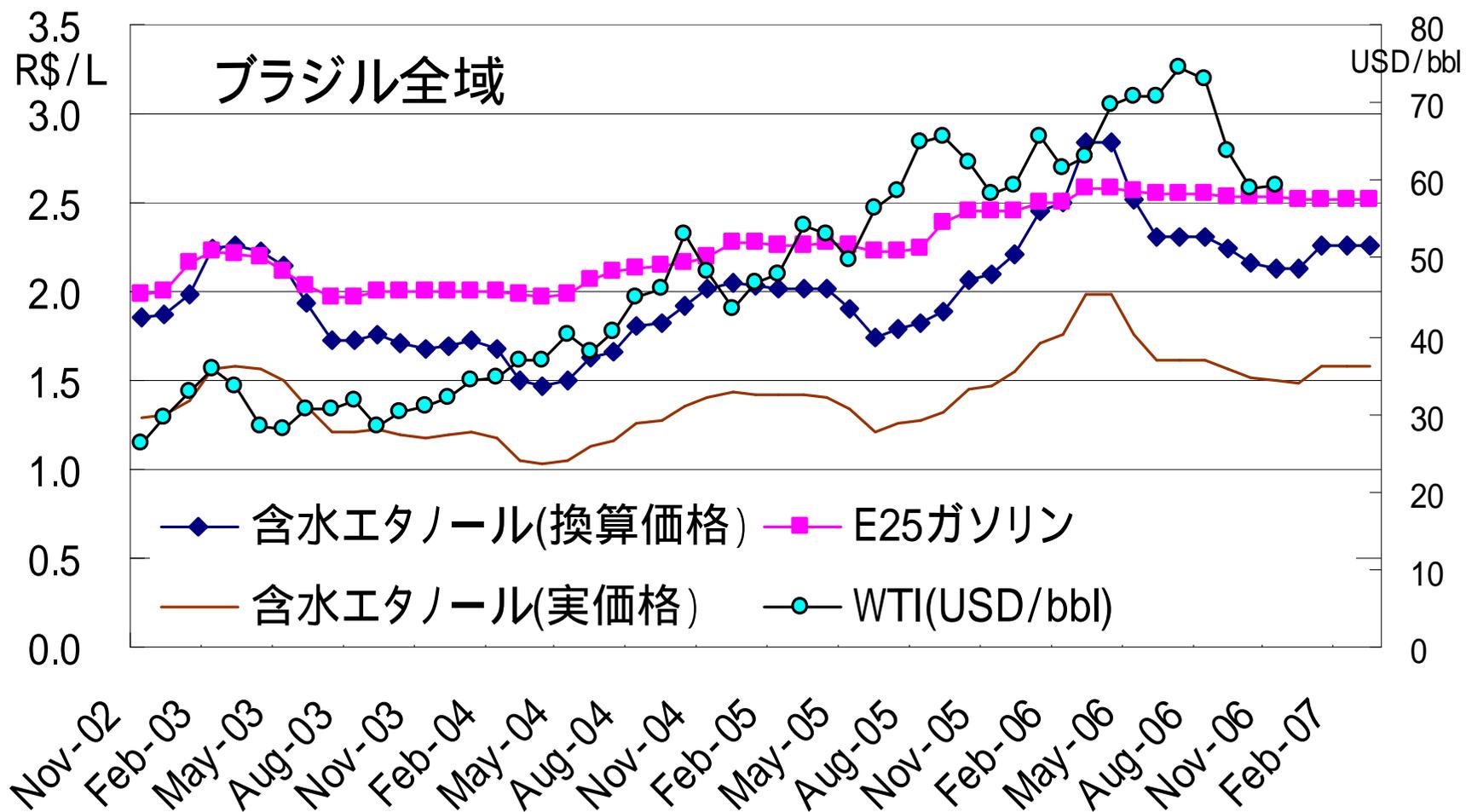
•ガソリン・アルコール等普通自動車燃料需要増加は、台数増加に比べると限定的ではあるが、需要増は避けられない。



自動車推計台数推移と燃料消費動向

出所：IBGE・ANFAVEA(ブラジル自動車産年鑑),2006より試算

エタノール価格とガソリンおよび国際石油価格動向



出所：ANP統計資料20057, UNICA統計資料等より作成

ブラジル普通自動車燃料需給予測

政府によるエタノール需給予測 (EPE,2006資料 国家30年エネルギー計画)

ブラジルエタノール需給予測	2005	2010	2015
サトウキビ生産	431	570	715
エタノール生産	16	25.4	36.9
エタノール輸出	2.5	5.3	8.5
エタノール国内消費	13.5	20.1	28.4

農務省・IBGE・UNICA各2006より

政府見通しでは、

生産は現状の2015年2.5倍3700万k
kまで増産で輸出余力は850万k

普通自動車燃料需給予測 (各種資料より筆者作成)

単位:万キロリットル	備考	2010	2015
エタノール生産	A	2540	3690
エタノール生産(ガソリン熱量換算値)	$B=A*0.65$	1651	2398.5
ガソリン生産	$C=D*0.16$	2204	2611
石油生産量	D	13776	16318
国内自動車燃料*2供給(ガソリン換算値)	$E=B+C$	3855	5009.5
国内自動車燃料需要(ガソリン換算値)	F	2959	3292
輸出余力(ガソリン換算値)	$G=E-F$	896	1717.5

出所: A:農務省、UNICA、EPE、2006より

B:EPE2006より、100%ガソリンと含水アルコール熱量比1:0.65を利用

C:EPE2006より、2004年時の石油からのガソリン生産割合利用

D:ペトロプラス社2006年発表5カ年計画より、2010年は、2011年目標を使用

E:普通自動車燃料(ガソリン+エタノール)

F:経済成長率を年4%、対GDP燃料弾性値を0.54として筆者試算

サトウキビ農地拡大の可能性

ブラジルの土地利用概況 (100万ha)

国土面積		854.7	100%
利用地	農地	63	7%
	人口牧草地	99.7	12%
	自然牧草地	78	9%
	人工林	5.4	1%
	都市、道路、河川、湖	30	4%
未利用生産地		16.3	2%
アマゾン森林(先住民地域、保護地域含む)		365	43%
アマゾン以外先住民地域		101.9	12%
その他		95.4	11%

主要農作物作付面積 2004年 (100万ha)	面積	国土比
サトウキビ生産地	5.6	1%
大豆生産地	21.6	3%
とうもろこし	12.9	2%

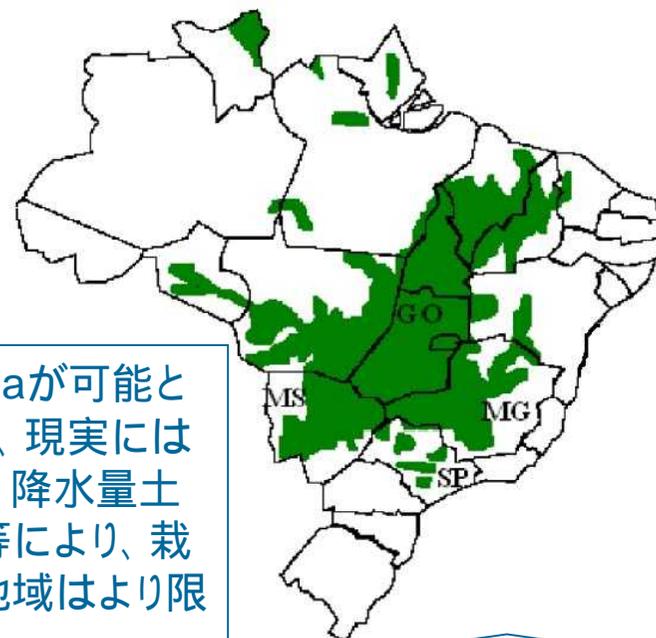
出所: IBGE 2002 IBGE, 2006より筆者作成

農地および作付面積についてはIBGEデータベースより2004年時のものを示

•現状では、サトウキビ生産地は、国土の1%に満たず、牧草が1億ヘクタール以上、存在し、生産増大は可能とされている。

•特にセラード地域の農業利用可能地域**9000万ha**が利用可能とされている。

•しかし、生産管理や燃料輸送という観点から工場や輸送ロジスティクスと一体となった計画が必要な上、全てが栽培適地とはいえない。さらにセラードの生物多様性の危機(ホットスポットに指定)も叫ばれており、綿密なデータによる分析を要する。



9000万haが可能とされるが、現実にはインフラ、降水量土壌条件等により、栽培可能地域はより限定される。

セラード地域土地利用現状(百万ha)

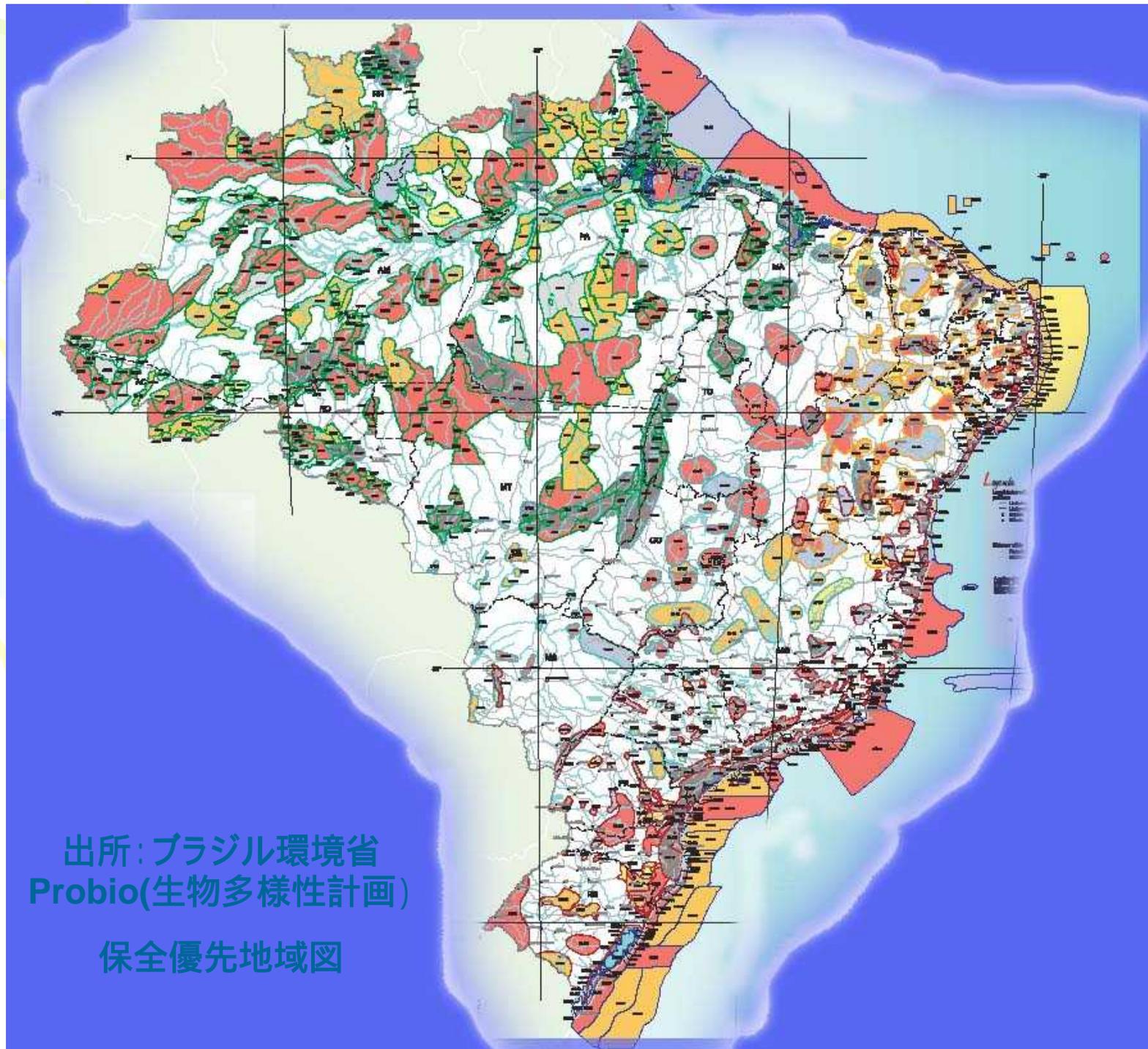
セラード地域合計	204
農業用地	137
牧草地	35
単年作物	10
永年作物	2
利用可能残存地	90
非農業用地域	67

Embrapa (EPE, 2006より転載)



BIOMAS CONTINENTAIS BRASILEIROS	ÁREA APROXIMADA (KM2)	ÁREA / TOTAL BRASIL
Bioma AMAZONIA	4.196.943	49,29%
Bioma CERRADO	2.036.448	23,92%
Bioma MATA ATLANTICA	1.110.182	13,04%
Bioma CAATINGA	844.453	9,92%
Bioma PAMPA	176.496	2,07%
Bioma PANTANAL	150.355	1,76%
Area Total BRASIL	8.514.877	

出典: IBGE



出所: ブラジル環境省
Probio(生物多様性計画)
保全優先地域図

PAC(ブラジル政府経済成長加速プログラム)

バイオ燃料に関する2010年目標: エタノール77工場2330万k

BDF 46工場 330万k

パイプライン1150km

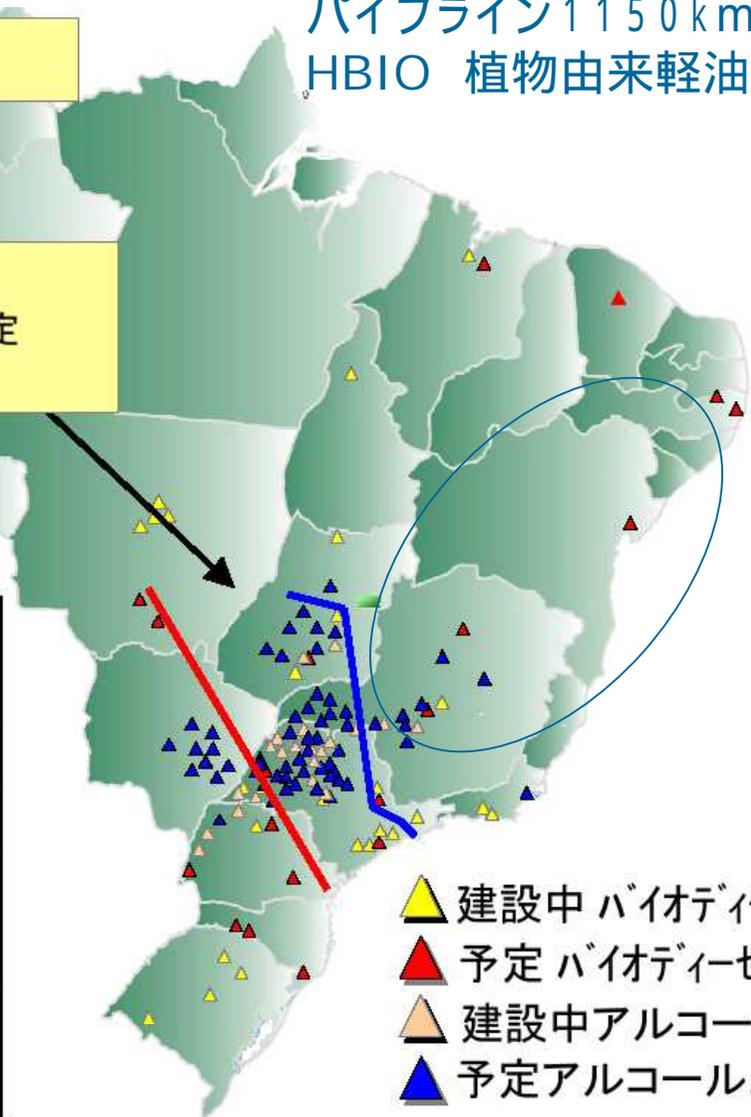
HBIO 植物由来軽油 42万5千k

バイオ燃料総投資額見込み R\$ 174億

検討中アルコール・パイプライン

Senador Canedo-GO - São Sebastião-SP ■ 設置予定
 Cuiabá-MT - REPAR - Paranaguá - PR ■ 検討中

	バイオディーゼル 百万R\$	エタノール 百万R\$	アルコール パイプライン 100万R\$
北部	53	-	-
北東部	140	-	-
中西部	357	2.984	4.100
南東部	316	8.500	
南部	330	628	-
Total	1.196	12.112	4.100

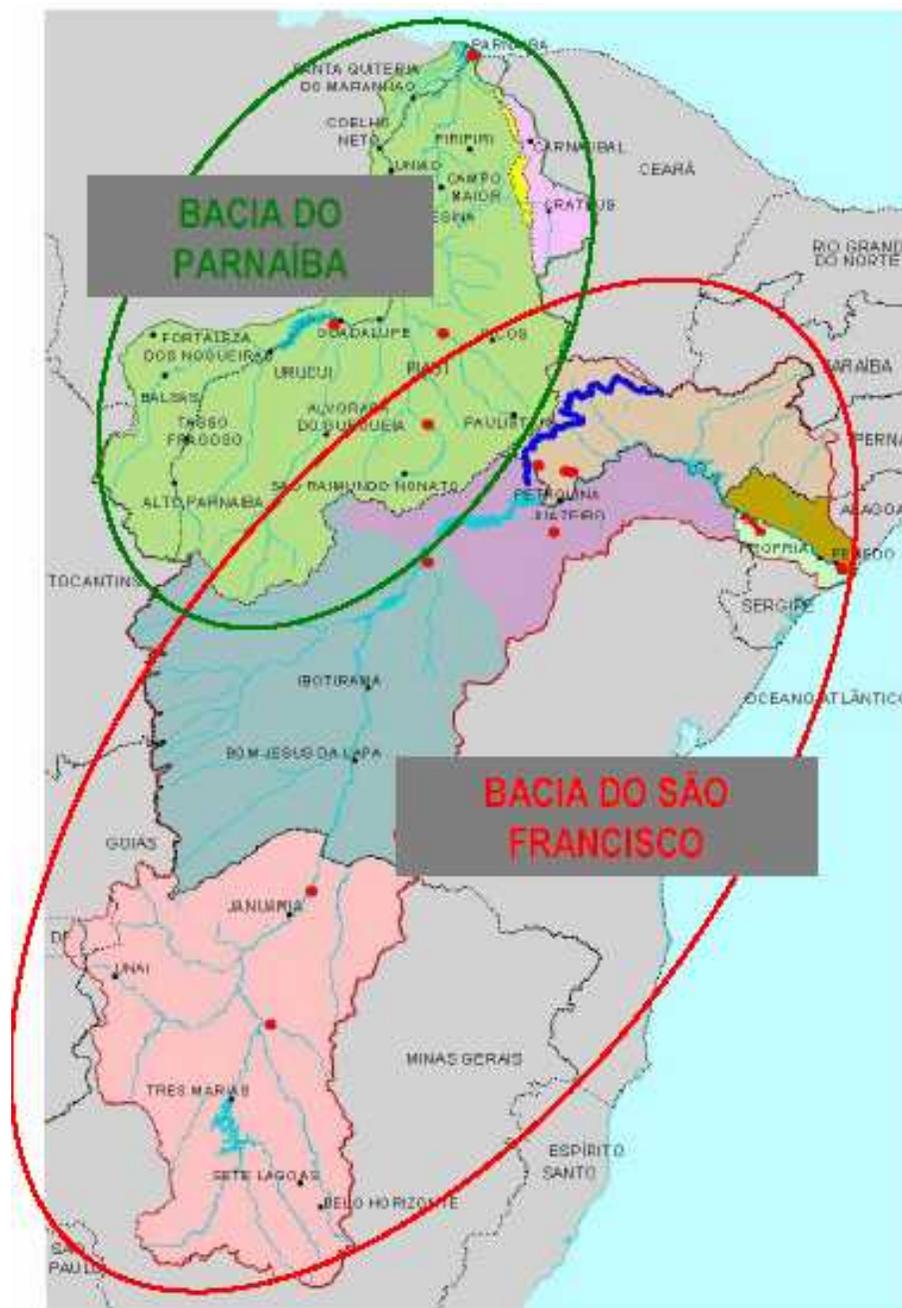


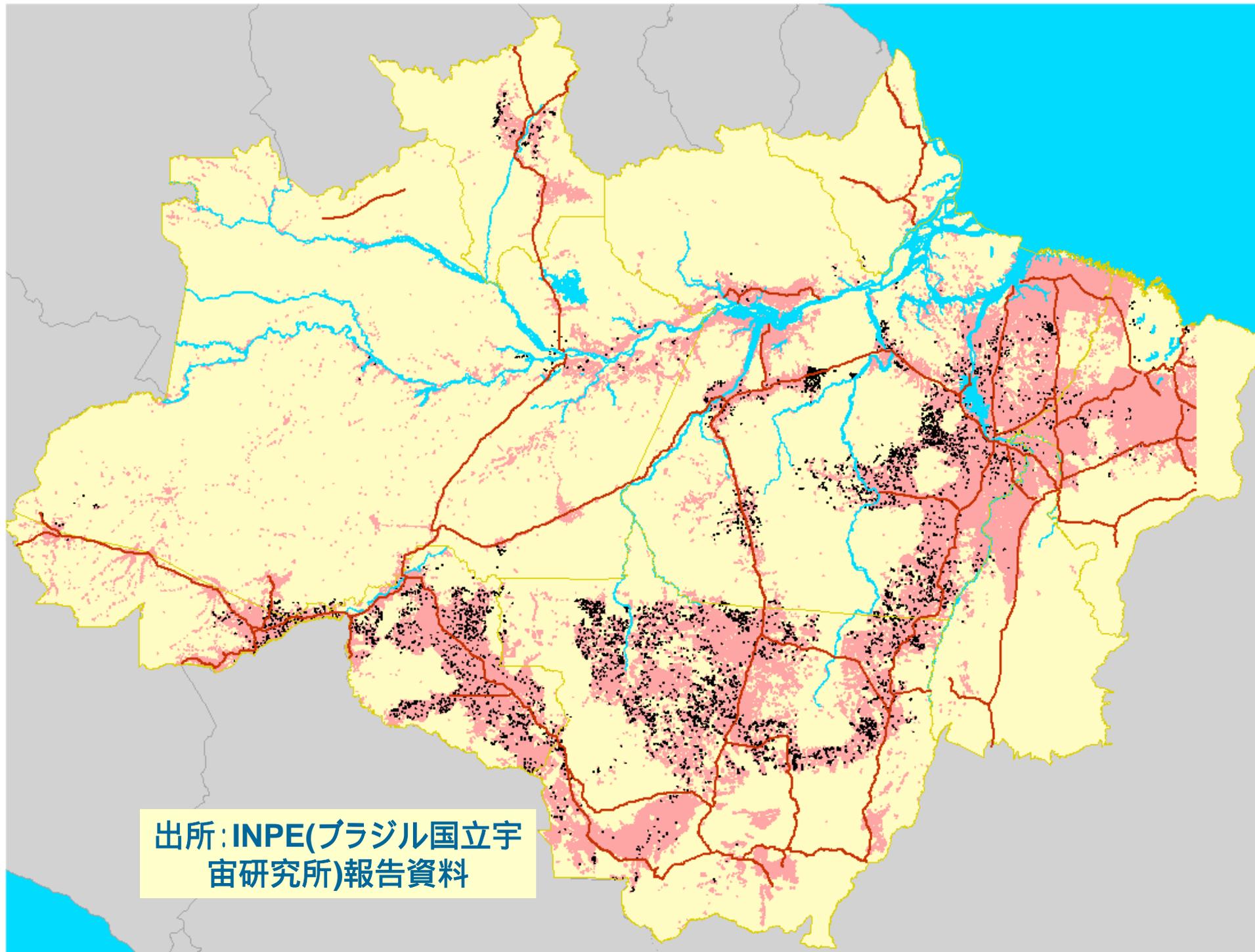
- ▲ 建設中 バイオディーゼル工場
- ▲ 予定 バイオディーゼル工場
- ▲ 建設中アルコール工場
- ▲ 予定アルコール工場

PAC

灌漑事業計画

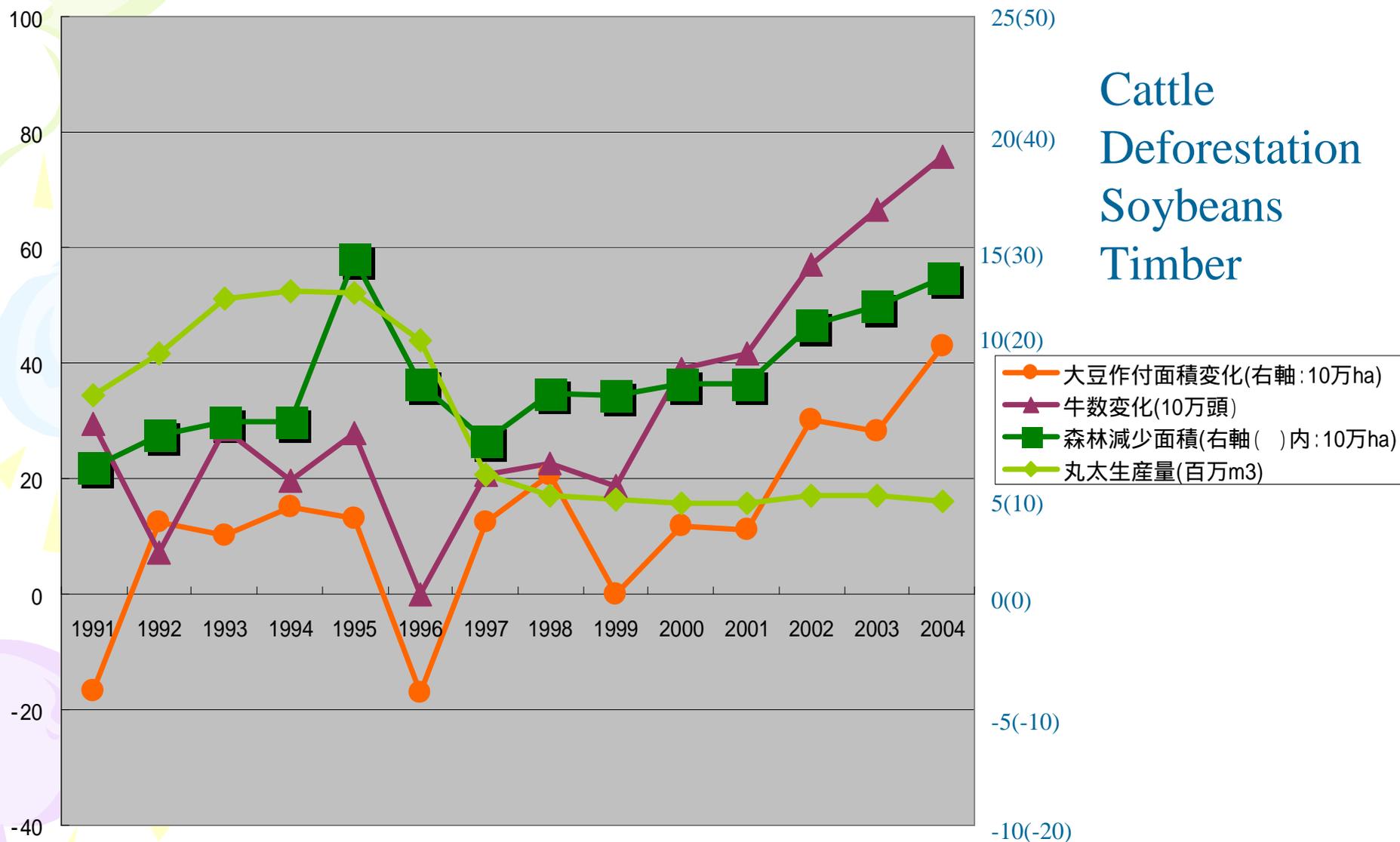
サンフランシスコ河流域
パラナイーバ河流域





出所:INPE(ブラジル国立宇宙研究所)報告資料

アマゾン森林減少面積と主要産業動向



出所: IBGE市町村別農業生産統計、林産物生産統計、INPE森林減少統計より筆者分析



バイオ燃料作物 現生産可能量

	単収(リットル / ha)	面積(百万ha)	生産能力(百万k)
大豆	600	20	12
ひまわり	1000	4	4
ひまし	600	4	2.4
パームオイル	4500	10	45
全体	1668	38	63.4

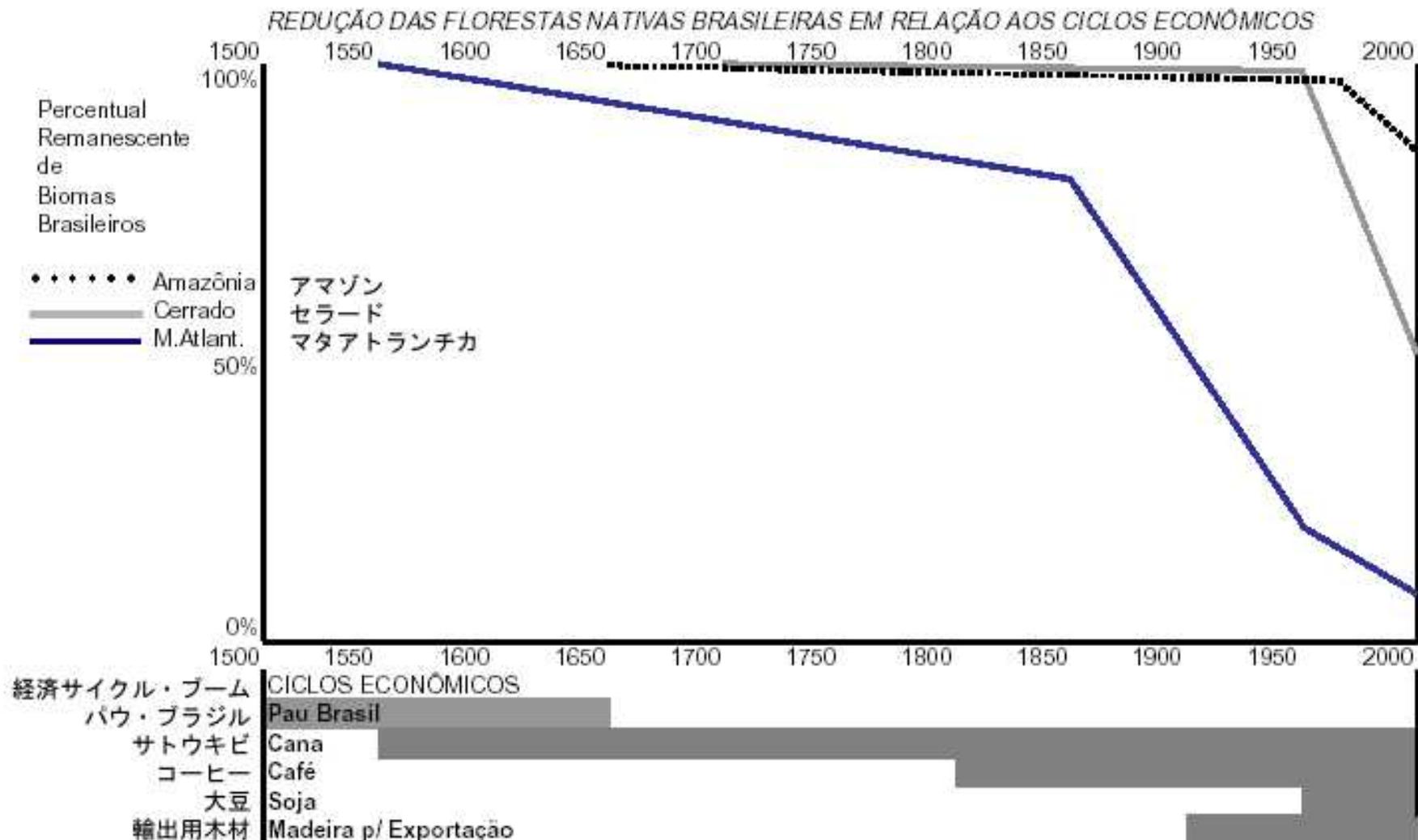
出所EPE 2006





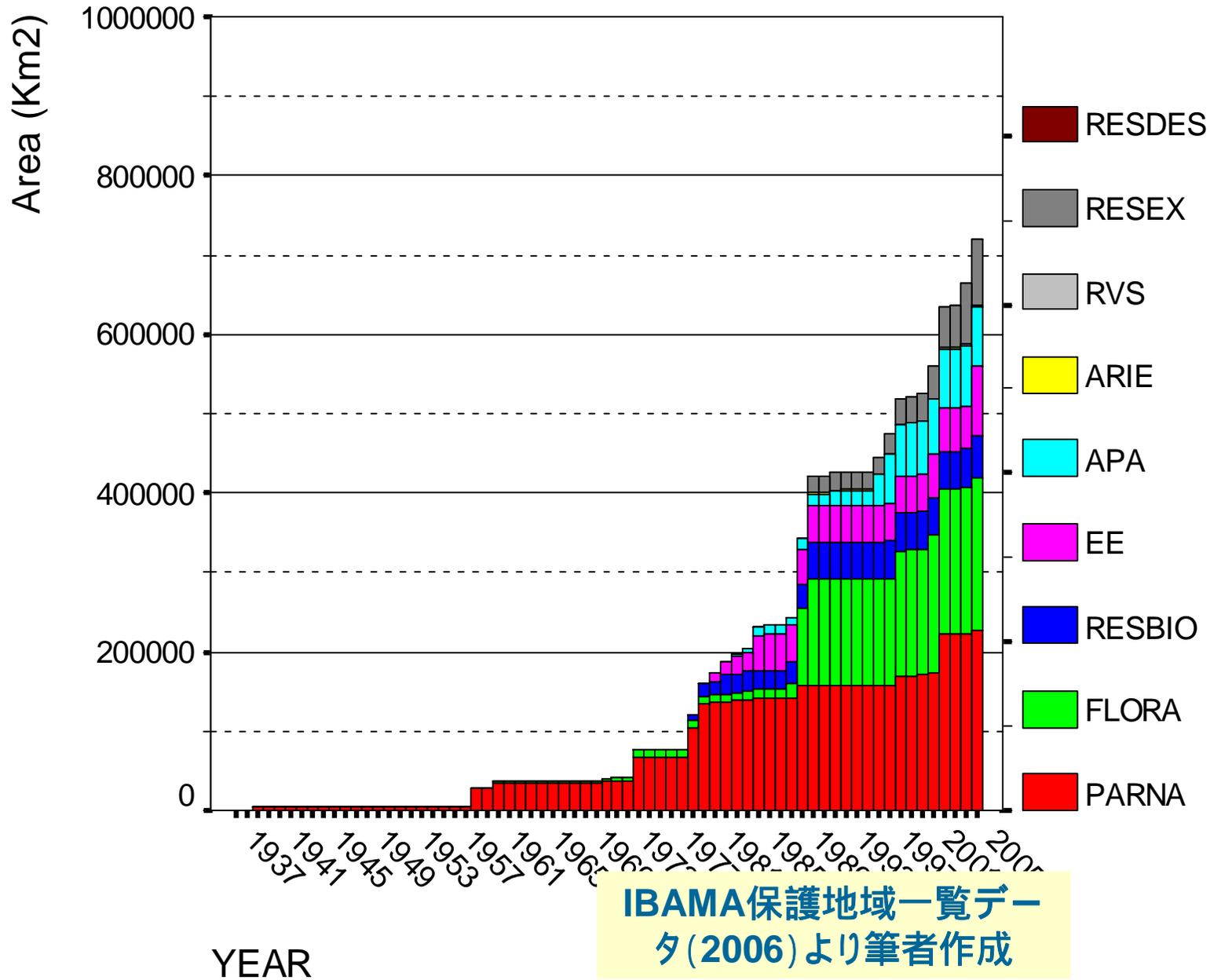
ブラジルにおける森林減少の歴史

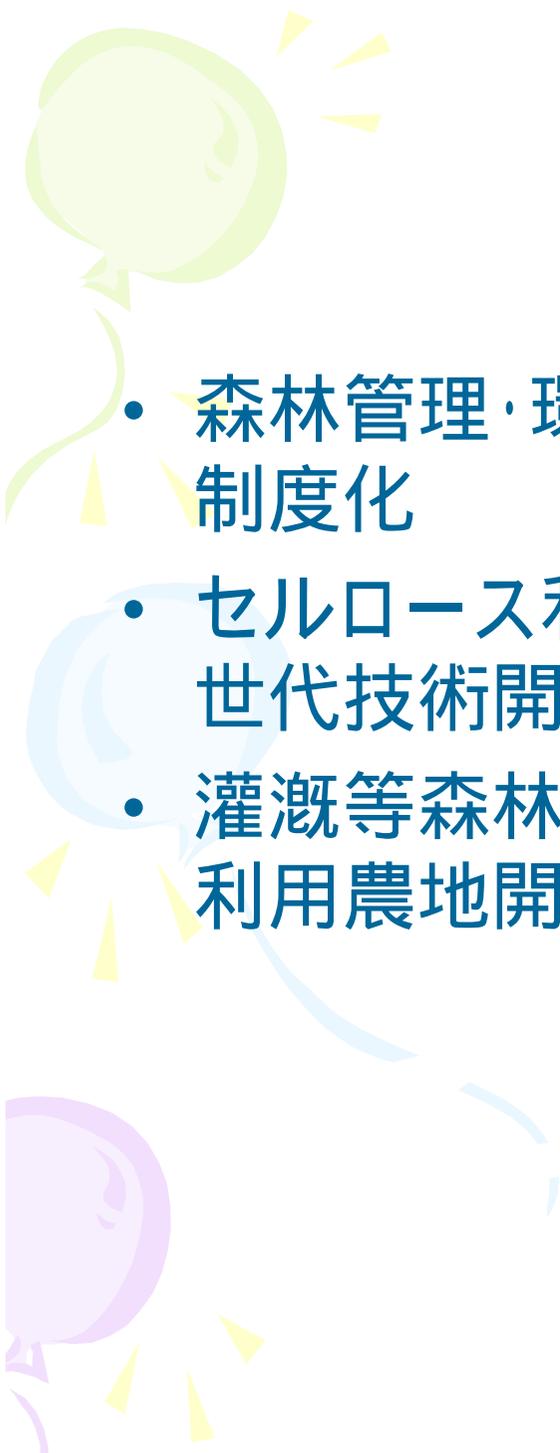
ブラジルにおける天然林の減少の歴史



出典：500Anos de Destruição Ambiental no Brasil, WWF-Brasil, 2000

保護地域拡大の現状



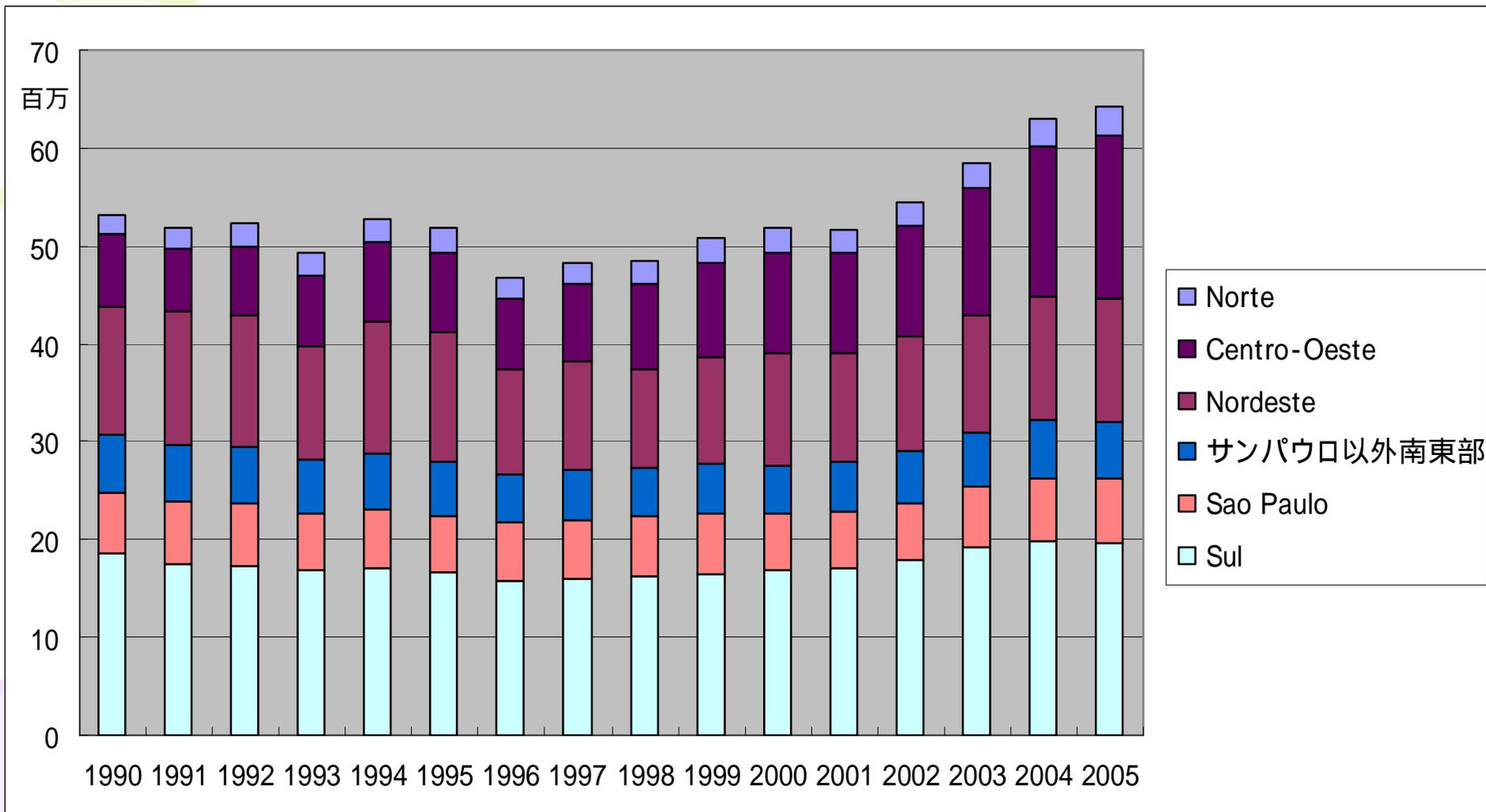


今後の課題

- 森林管理・環境保全の制度化
- セルロース利用等、次世代技術開発
- 灌漑等森林以外の未利用農地開発
- 法制度、所有権整理、認証制度等
- 水環境・収支等モニタリング
- 環境アセスメント等
- LCAによる評価
- ブラジルコスト問題



地域別農地面積

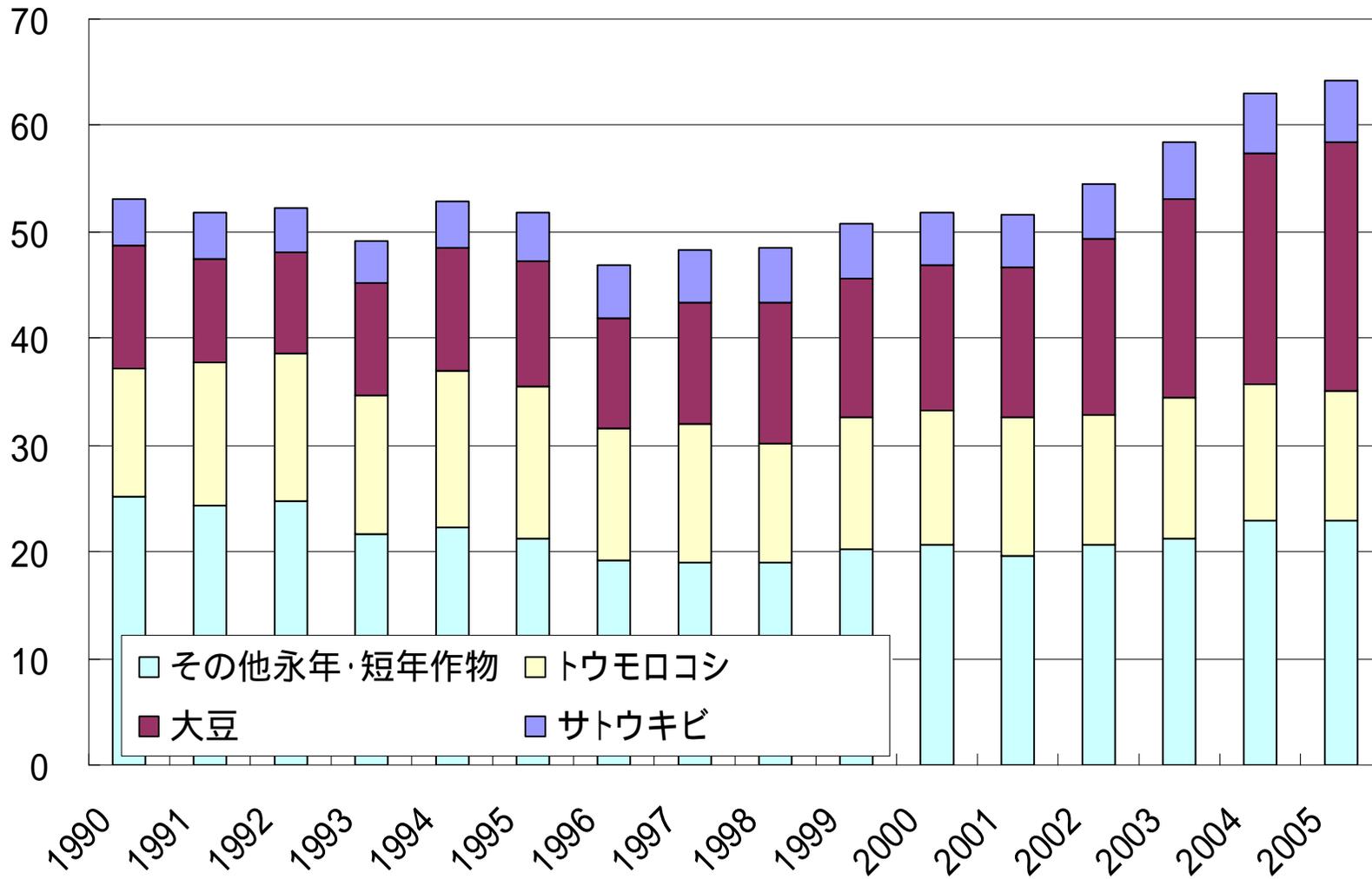


出所: IBGE 2007



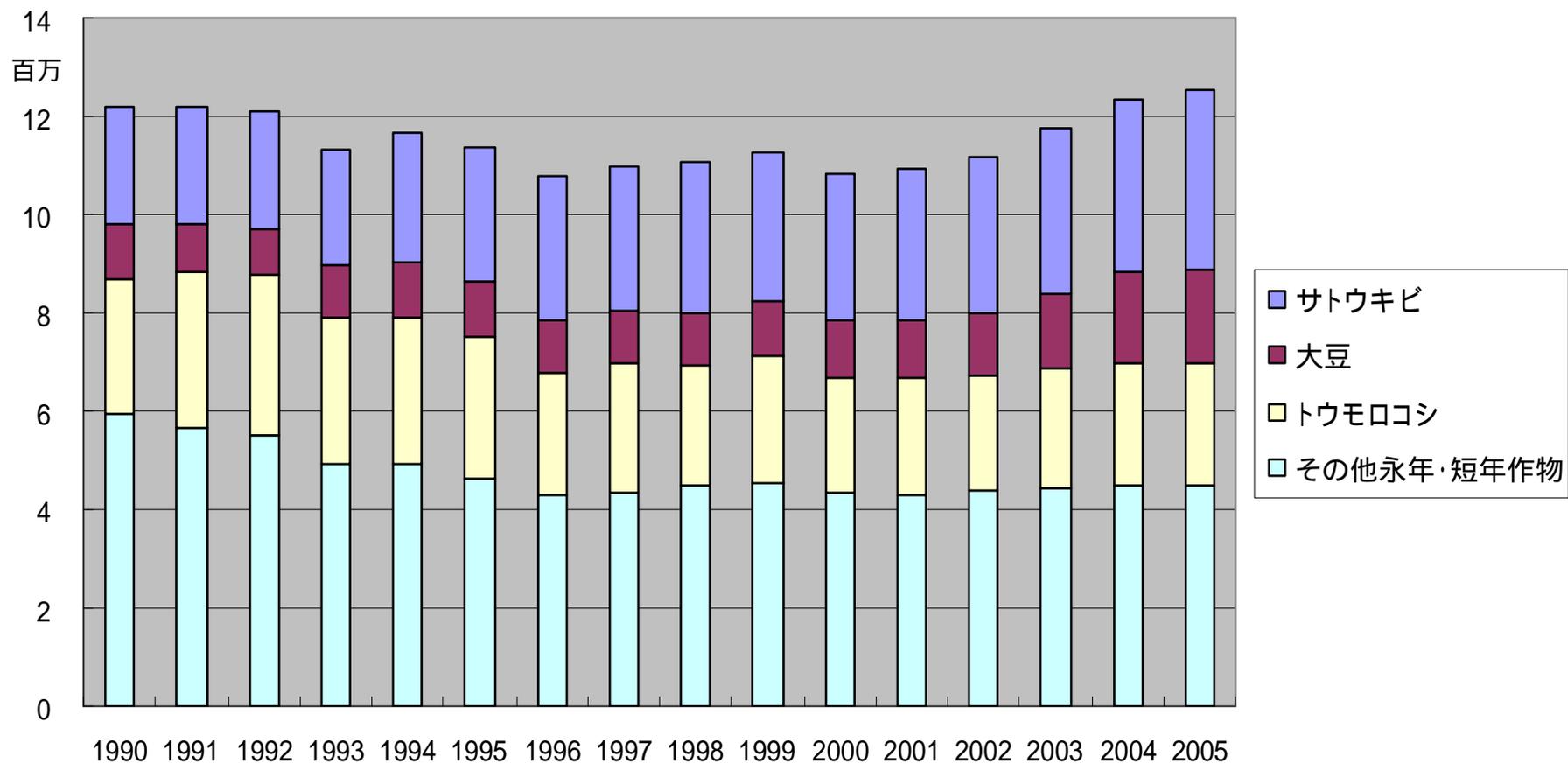
百万ha

ブラジル農地利用割合の変化



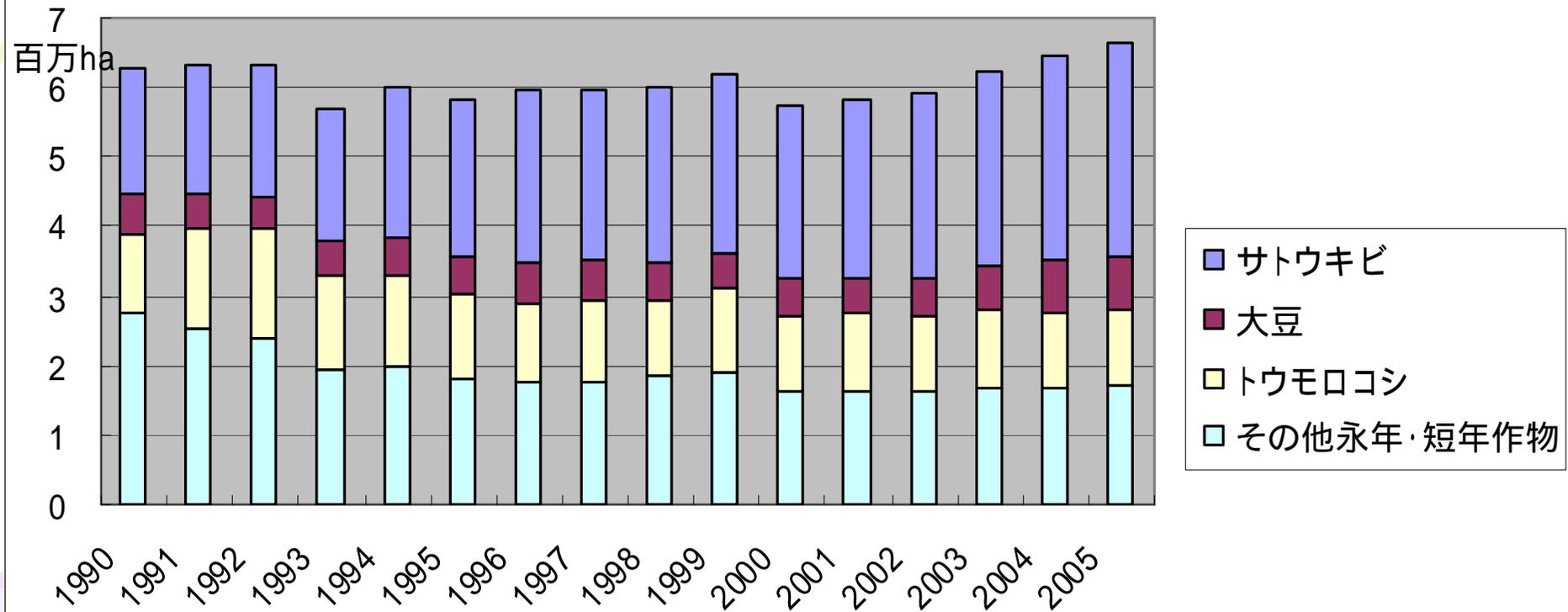
出所: IBGE 2007

南東部農地利用割合の変化



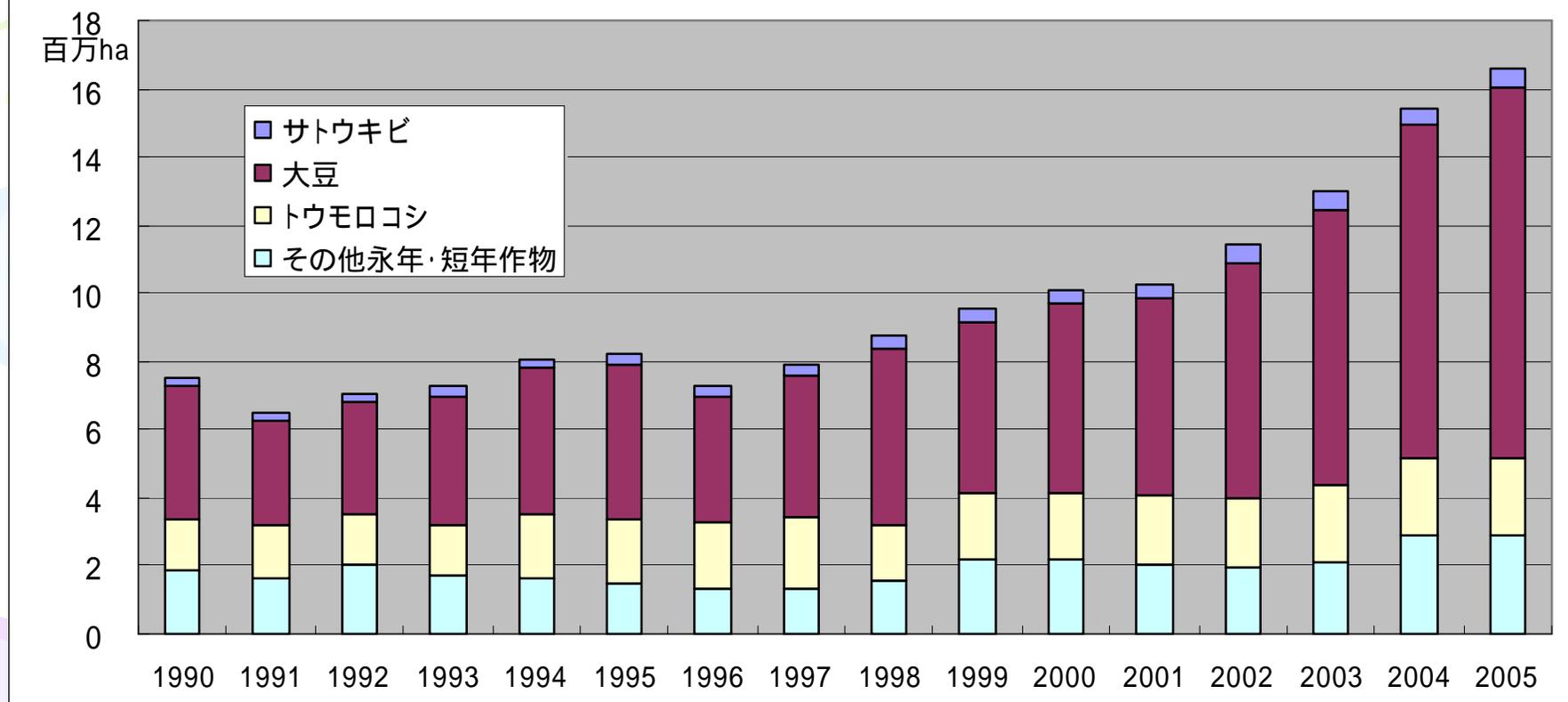
出所: IBGE 2007

サンパウロ州農地利用割合の変化



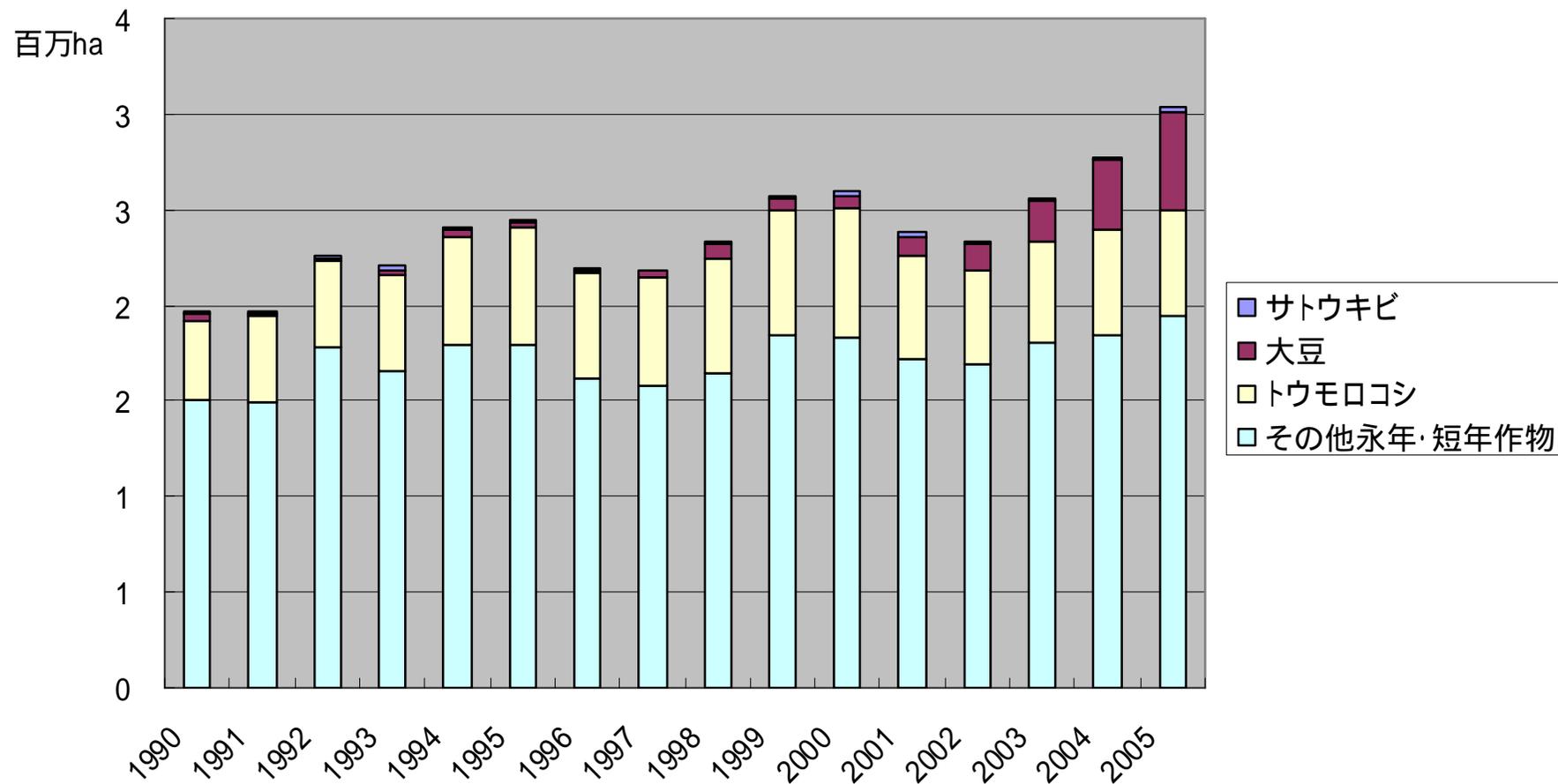
出所: IBGE 2007

中西部農地利用割合の変化



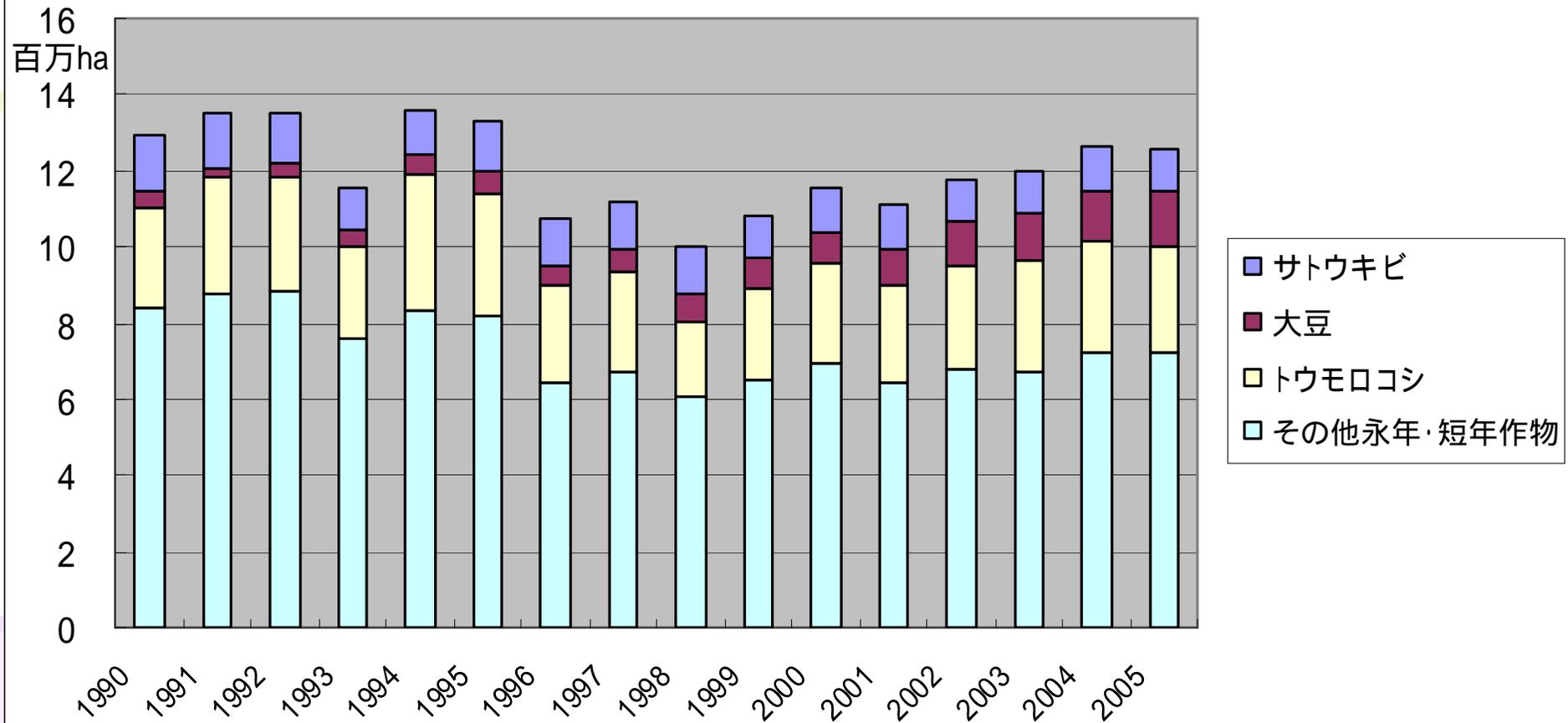
出所: IBGE 2007

北部農地利用割合の変化



出所: IBGE 2007

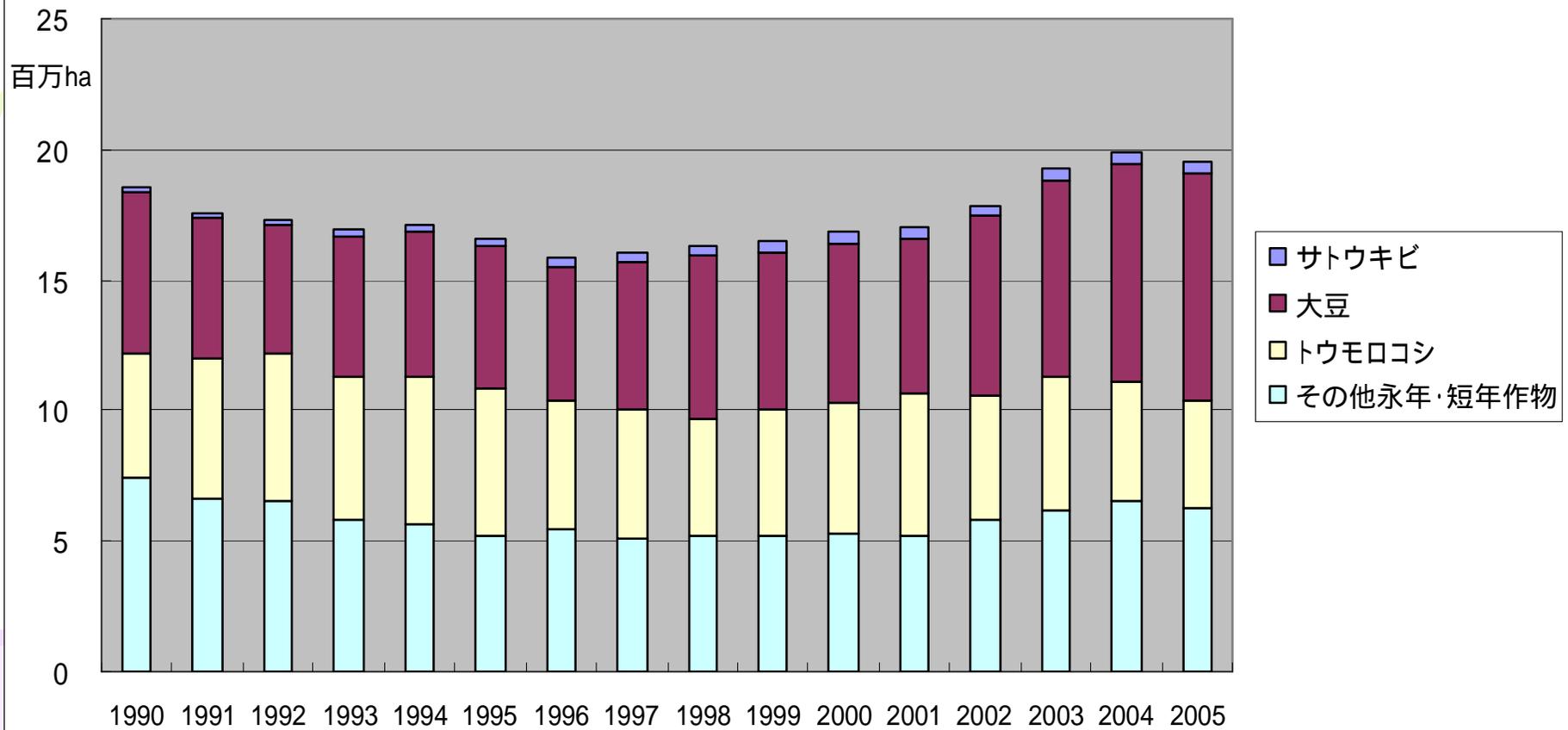
北東部農地利用割合の変化



出所: IBGE 2007



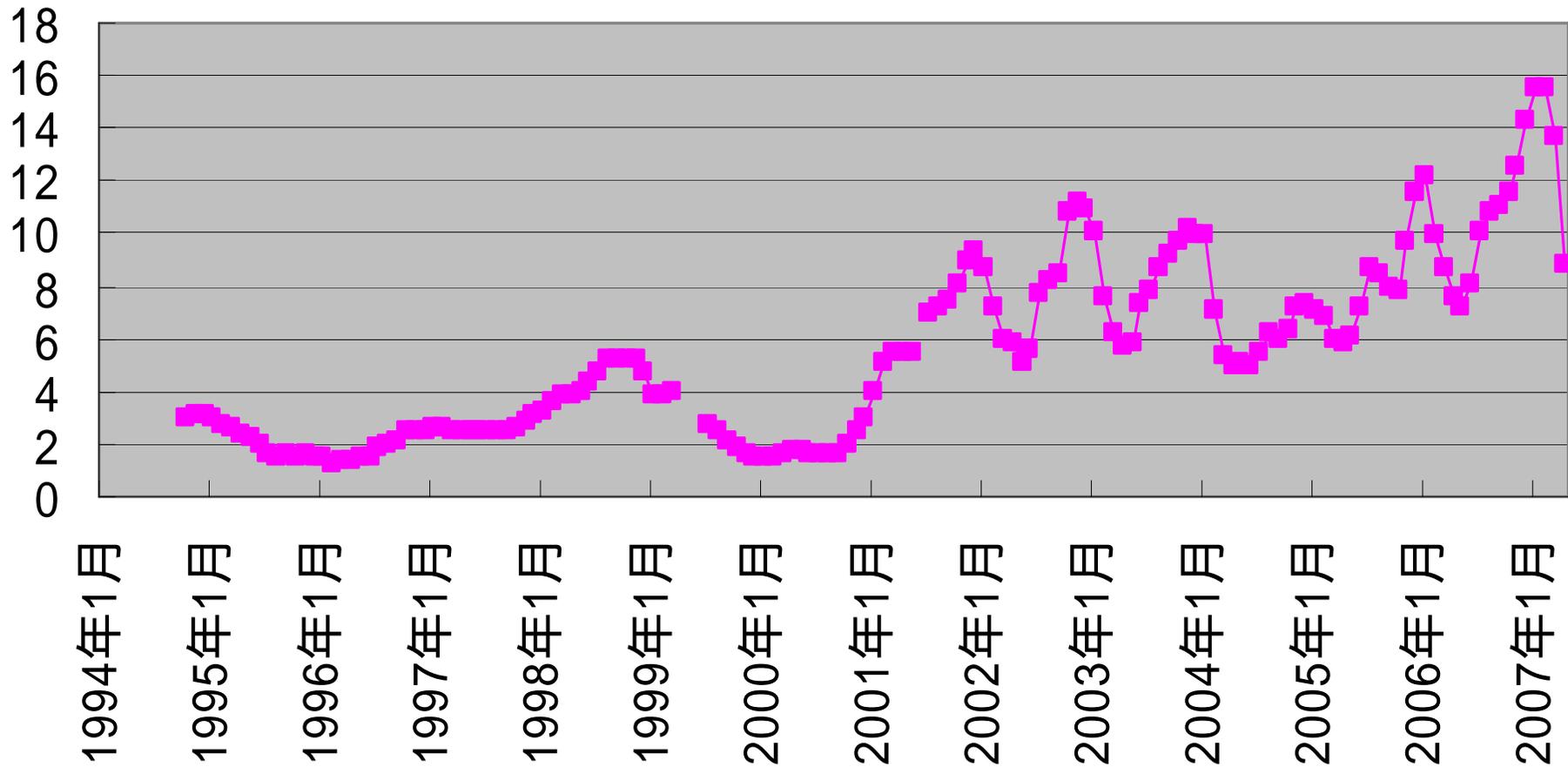
南部農地利用割合の変化



出所: IBGE 2007



オレンジ 工場渡価格・スポット・サンパウロ
(単位リアル / 箱40.8kg)



出所:ESALQ 2007