

ブラジル サトウキビ/水素エネルギー利用調査報告

NEDO委託
「南米の再生可能エネルギーを利用した
水素の生産に関する調査」
その1:ブラジルのサトウキビバイオマスを利用した
水素の生産に関する調査報告

水素エネルギー協会
横浜国立大学教育人間科学部
谷生重晴

南米再生エネルギー調査にあたっての謝意

- 新エネルギー・産業技術開発機構 (NEDO)
- 関西化学機械株式会社 社長 野田 秀夫 殿
- 三井物産株式会社 無機原料部 亙理 実 殿
- UNICA (São Paulo)
- DEDINI社 (Piracicaba)
- Copersucar Technology Center (Piracicaba)
- Usina Açucareira Ester社 (Cosmopolis)

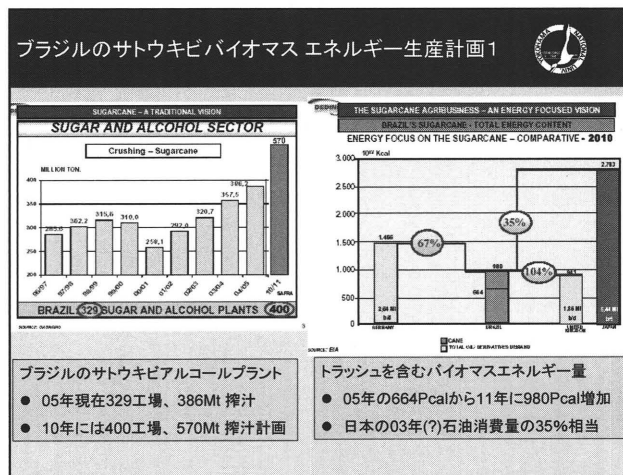
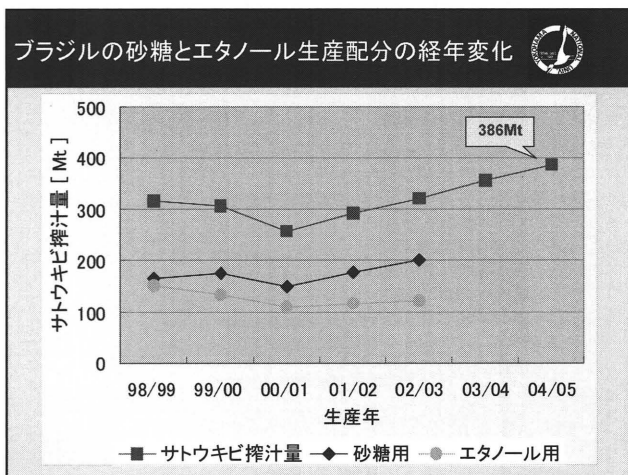
ブラジルにおけるサトウキビ生産地域

全耕作地の 10%
全農家用面積の 1%

さとうきび
- 作付面積: 500万 ha
- 契約供給者数: 60,000
- 収穫: 1年中可能

UNICA

（独）農畜産業振興機構ホームページから



ブラジルのサトウキビバイオマス エネルギー生産計画2

蒸気圧/温度	22 bar/300° C	82 bar/480° C
電力消費量	12 kWh/ton cane	
動力消費量	16 kWh/ton cane	
熱エネルギー消費量	330 kWh/ton cane	
ボイラー効率	78 %	85 %
買電力	Zero	
余剰バガス	7 %	28 %

Source: Copersucar, 2004

Technology	Operation	Process Heat kWh/tc	Surplus Power kWh/tc	Brazil's Potential	
				GWh	MW
22 bar/300° C backpressure TG	Season	330	0-10	3 500	800
82 bar/480° C backpressure TG	Season	330	40-60	21 000	5 200
82 bar/480° extraction/condensing TG	Year round	230	100-150	52 500	7 000
BIG/GT	Year round	< 230	200-300	105 000	14 000

Source: Copersucar, 2004, p.16

サトウキビ各部の含水率と燃焼熱

Determination % weight*	Dry leaves	Green leaves	Tops	Bagasse
Moisture content	13.5	67.7	82.3	50.2
Ash	3.9	3.7	4.3	2.2
Fixed carbon	11.6	15.7	16.4	18.0
Volatile matter	84.5	80.6	79.3	79.9

Sample	Higher Heating Value MJ/kg*
Dry leaves	17.4
Green leaves	17.4
Tops	16.4
Bagasse	18.1
Beech etc. (ブナなど)	20.4

* Dry basis

連作の影響 — 切りくずと茎の比率

Variety	Stage of cut	Yield (t/ha)	Trash* (t/ha)	Trash/stalk ratio
SP79-1011	Plant cane	120	17.8	15%
	2nd ratoon	92	15.0	16%
	4th ratoon	84	13.7	16%
SP80-1842	Plant cane	136	14.6	11%
	2nd ratoon	101	12.6	13%
	4th ratoon	92	10.5	11%
RB72454	Plant cane	134	17.2	13%
	2nd ratoon	100	14.9	15%
	4th ratoon	78	13.6	17%
Average		104	14.4	14%

* Dry matter

ブラジル サトウキビ/水素エネルギー利用調査報告

ブラジルの目標

バガス、切りくず(トラッシュ)エネルギーの利用計画

THE SUGARCANE AGRIBUSINESS – AN ENERGY FOCUSED VISION

DEDINI's presentation

TECHNOLOGICAL EVOLUTION WILL BE FOCUSED ON MAXIMUM UTILIZATION OF SUGARCANE

HIGH IMPACT UPCOMING TECHNOLOGIES DERIVED FROM AN ENERGY FOCUSED VISION

SEVERAL NEW DEVELOPMENTS ARE ON TRACK

3 OUTSTANDING UPCOMING TECHNOLOGIES ARE SELECTED DUE TO THE REVOLUTIONARY IMPACT FOR THE SECTOR

BIOELECTRICITY PRODUCTION WITH MAXIMUM ENERGY UTILIZATION OF SUGAR CANE

- BAGASSE
- STRAW (*)
- CO-PRODUCTS (STILLAGE)

BIOETHANOL PRODUCTION FROM BAGASSE AND STRAW (*)

BIODIESEL PRODUCTION INTEGRATED IN A SUGAR AND BIOETHANOL MILL

(*) STRAW = TOPS, LEAVES, STRAW → 1/3 OF SUGARCANE'S ENERGY

ENERGY UTILIZATION OF 100% OF THE STRAW

DEDINI's presentation

HIGH IMPACT UPCOMING TECHNOLOGIES

ENERGY UTILIZATION OF 100% OF THE STRAW

MAXIMUM EXCEEDING ENERGY SOLUTION WITH COMMERCIALY AVAILABLE TECHNOLOGY

NATIONWIDE EXCEEDING ENERGY POTENTIAL (SEASON)

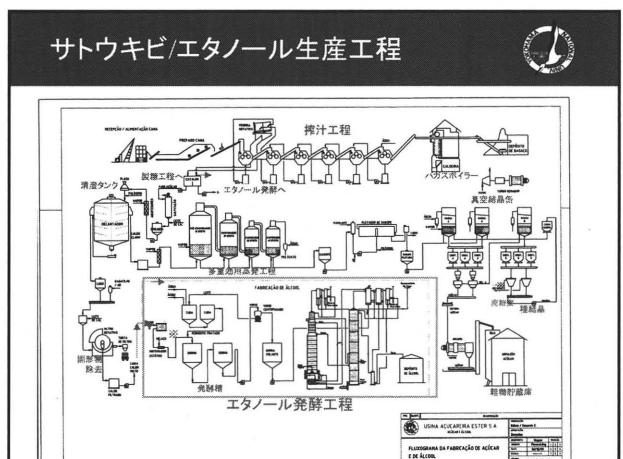
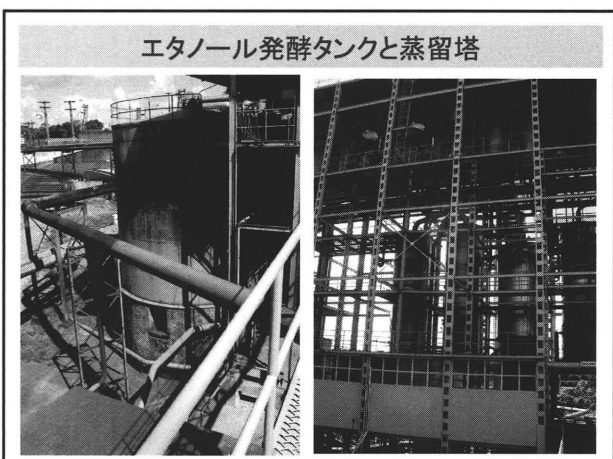
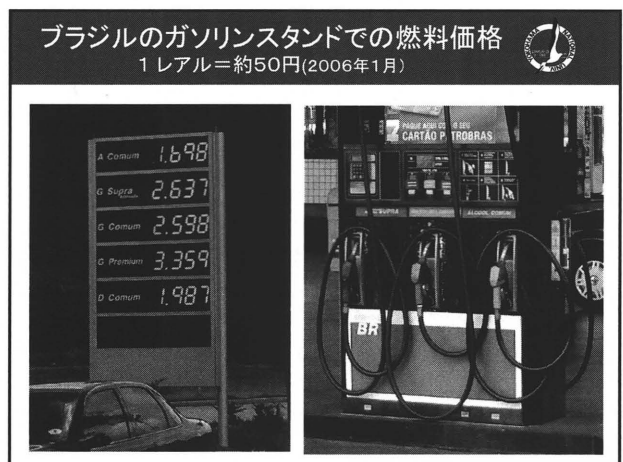
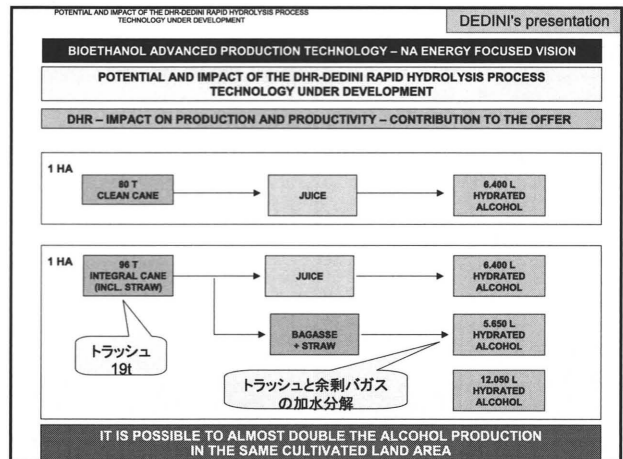
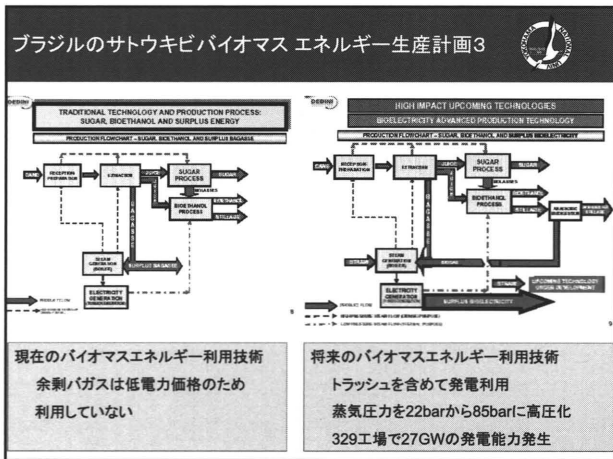
POWER 27,000 MW
(85 BAR-100% STRAW)

329 SUGAR AND ALCOHOL PLANTS IN BRAZIL

TOTAL CRUSHING IN BRAZIL: 386 MILLION TC. UTILIZATION OF 100% OF THE STRAW.

- THE ENERGY (BAGASSE) IS ALREADY AVAILABLE AT THE SUGAR/ALCOHOL PLANTS.
- THE ENERGY (STRAW) WILL BE AVAILABLE AT THE PLANTS IN THE NEXT FEW YEARS.

EQUIPMENT/PLANT TECHNOLOGY IS ALREADY DEVELOPED AND COMMERCIALY AVAILABLE AT DEDINI.



ブラジルのサトウキビバイオマス生産量

地域	搾汁キビ量 (Mt)	乾燥残滓量 (Mt)
São Paulo 州	181.5	25.4
Center South	249.7	35.0
North - Northeast	51.9	7.2
Brazil 全域	301.6	42.2

* The Center South includes the State of Sao Paulo.

97/98年収穫期か? CTC, p.23

ブラジルのサトウキビから水素生産したときの原料コスト

サトウキビ生産コスト	US\$/t-cane	11.47
蔗糖含有量	kg/t-cane	137
エタノール生産量	L/t-cane	88.3
エタノール生産コスト	US\$/L	0.17
エタノール生産コスト	US\$/t-cane	15.01
蔗糖生産における原料コスト	US\$/t-sucr.	83.72
水素1m3のモル数	mol/m3	44.6
蔗糖1kgのモル数	mol/kg	2.92
1t-caneに含まれる蔗糖	mol/t-cane	401

ブラジルのサトウキビから水素生産したときの原料コスト

	水素収率		水素生産量		原料コスト	
	[mol/mol-gluc.]	[mol/t-cane]	[m ³ /t-cane]	[US\$/m ³]	[¥/m ³]	
1		789	17.7	0.649	77.8	
2		1,579	35.4	0.324	38.9	
3		2,368	53.1	0.216	25.9	
4		3,158	70.7	0.162	19.5	
5		3,947	88.4	0.130	15.6	
6		4,737	106.1	0.108	13.0	
7		5,526	123.8	0.093	11.1	
8		6,316	141.5	0.081	9.7	
9		7,105	159.2	0.072	8.6	
10		7,895	176.8	0.065	7.8	

サトウキビ栽培コスト: 11.47 US\$/t-cane

トラッシュ、余剰バガスからのエネルギー回収率比較

バガス発熱量	18.1 MJ/kg-dry	DEDINI社のデータによる
ボイラー効率	85 %	80t-cane 6400 L-alc
発電効率	35 %	96t-cane & trash 12050 L-alc
電解効率	80 %	Bagasse & trash 5650 L-alc
含糖率	13.5 %	Trash 16 t-trash/ha
砂糖への使用率	55.0 %	Surplus bagasse 3 t-SB/ha
バガスの割合	13.4 %	19t-bag & trash 342,000 MJ
余剰バガスの割合	27.7 %	5650L-Alc. 132,894 MJ
トラッシュの割合	14.0 %	蒸留エネルギー 45 %
燃焼熱		エタノール回収率 21 % (糖化エネルギーを まず)
H2	143 MJ/kg	H2 from 19t-bag 81396 MJ
Ethanol	29.8 MJ/kg	電解水素回収率 23.8 %
Glucose	15.6 MJ/kg	
Sucrose	16.5 MJ/kg	

ブラジル サトウキビ/水素エネルギー利用調査報告 まとめ

まとめ:

1. ブラジルのサトウキビバイオマスエネルギー量は非常に膨大である。
現状でも日本の石油エネルギー消費量の24%程度生産している。
2. 2010年には35%相当まで栽培量を増やす計画がある。
3. これまで利用していなかったトラッシュが新たなバイオマスエネルギー源になる。
4. 加水分解でエタノール発酵の原料にするより、燃焼で発電-電解水素生産を行う方が効率が良い。
5. エタノール発酵の代わりに水素発酵を行えば、低コストで水素生産が可能になる。
6. 水素発酵の収率改善が課題となる。

参考文献

1. Rogério Leite, Report for the IUPAP working group on energy, 2004 August
2. José Goldemberg et al., The Brazilian fuel-alcohol program, in Renewable Energy ed. T.Johansson et al., Earthscan Pub. Ltd, 1993
3. Suleiman J. Hassuani, et al., Biomass power generation, CTC, 2005
4. José L. Olivério, Wellcome DEDINI Visit - Japanese Delegation, 2006, CD-R