

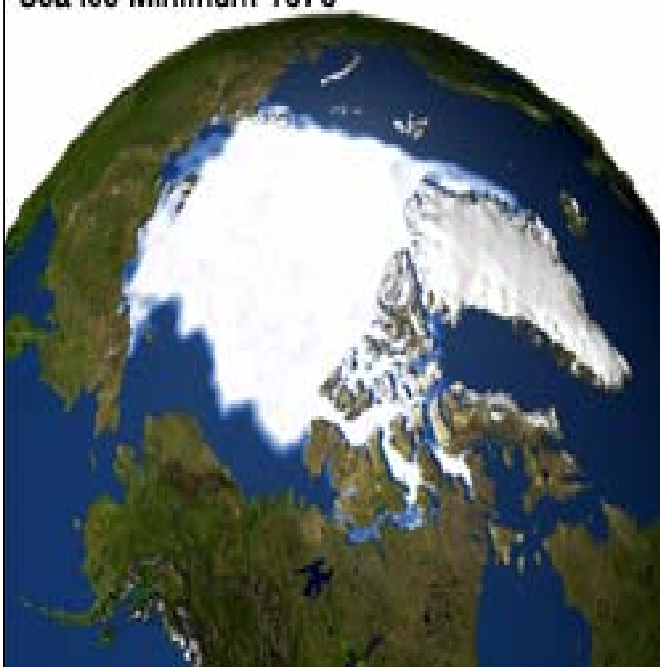
セミナー報告資料

バイオエタノール 国内外の現状と展望

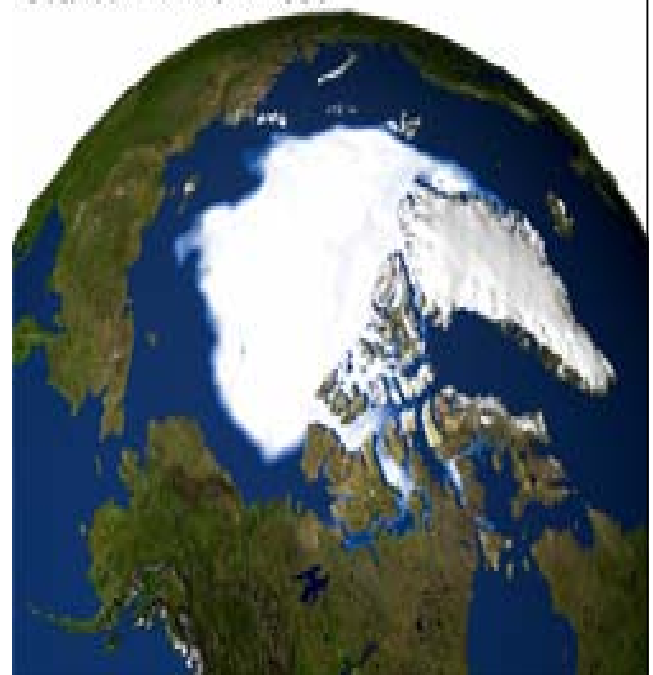
2010年3月25日(木) 15:30-18:00

JICA地球ひろば セミナールーム202 東京・広尾
財団法人エネルギー総合工学研究所 山田 富明

Sea Ice Minimum 1979



Sea Ice Minimum 2005



NASA撮影(過去25年間での北極海の氷河の変化)

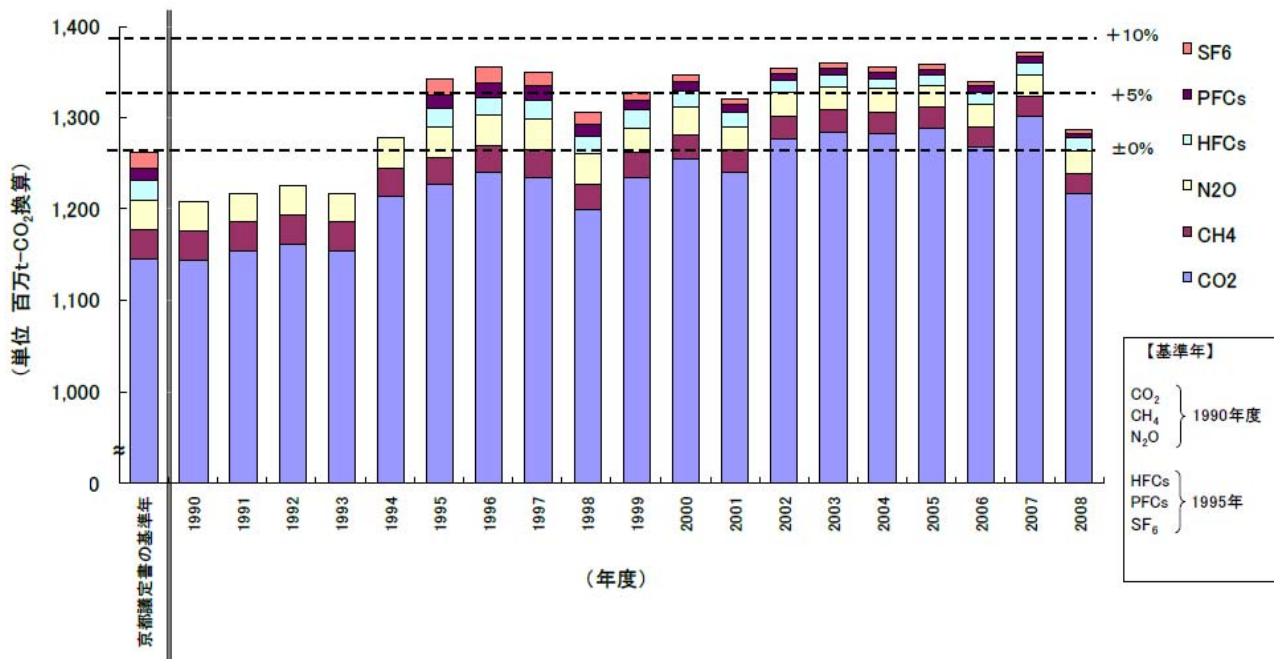
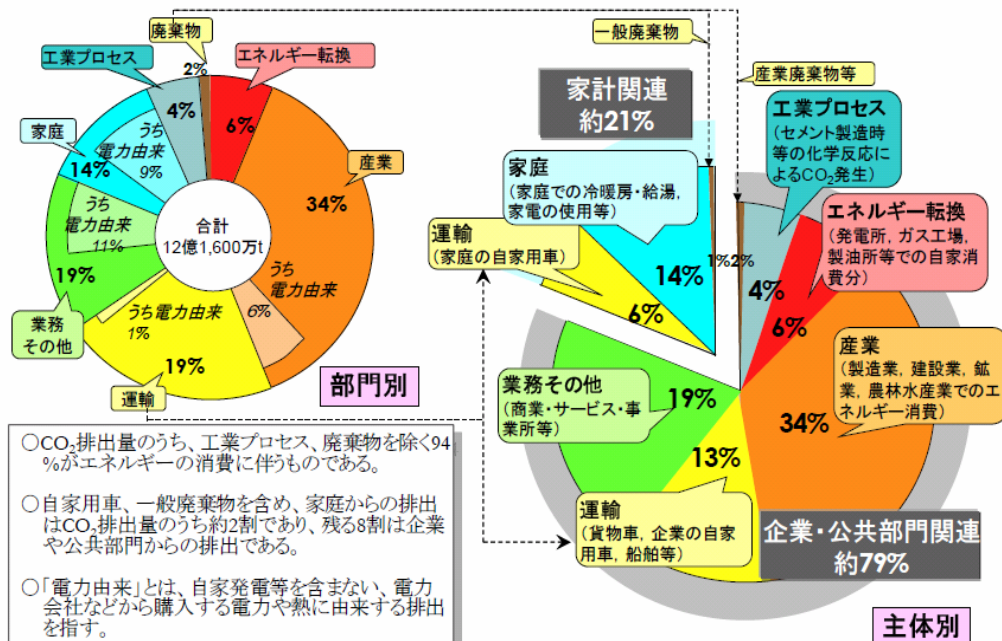


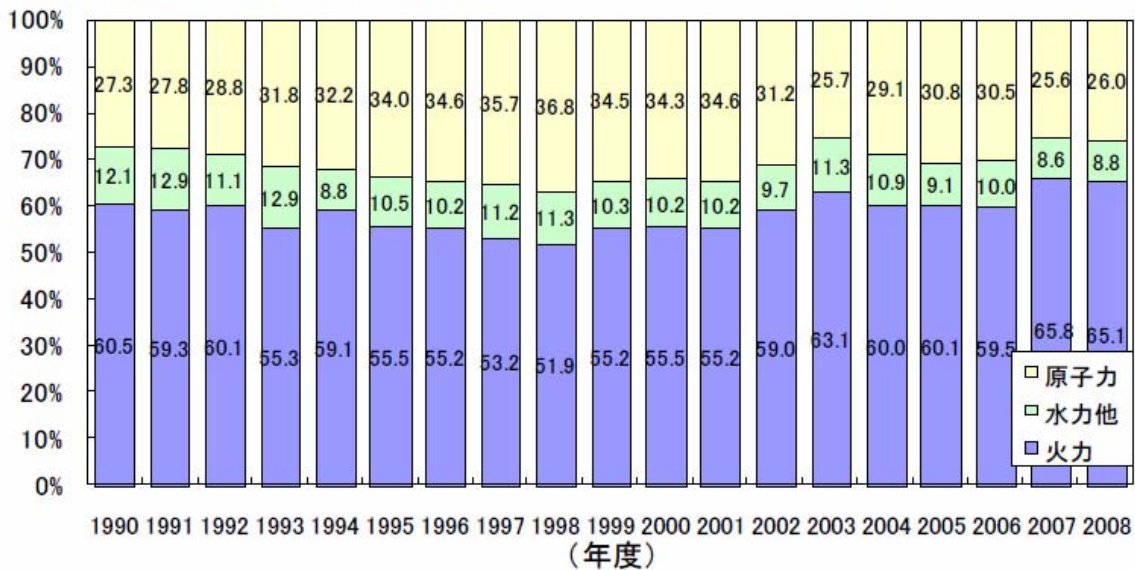
図 1 温室効果ガス総排出量の推移



部門別CO₂排出量

参考データ

① 電源種別の発電電力量構成比



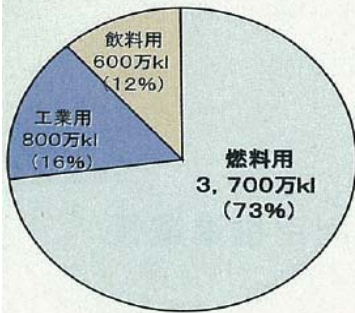
バイオエタノールを取り巻く最近(H21年度下期)の国内外のトピックス

国	会社、機関	トピックスの概要	出典
ASEAN-IAE	タイ国他 ASEAN	廃材、麦藁、雑草からのバイオエタノール、バイオジゼル生産の燃料使用比率2010年1.5%→2030年8%に拡大発表	The Nation business 9.8.2009
米国	Poet 社	Corn stoverからのエタノール生産計画。2,500万ガロン(約10,000万KL) 2011年稼働、DOEから20億円補助金支給	Todd Neeley Sept.28.2009
米国	Gevo Inc	エタノール製造プラント5基をバイオブタノール製造に切り替える2億ガロン(40,000万KL)の製造能力	DTN Progressive Farmer 9.28.2009
米国	DOE	EDC Enterprises等5社にエタノール製造原料供給システム開発に2,100万ドル補助金支給。	Finance yahoo. News 10.20.2010
マレーシア	パーム油協会	2008年度182,108t→2009年8月167,846tバイオジゼル輸出、同国のバイオジゼル生産量は約200万t(2009年現在)	The star11.12.2009
デンマーク	国営エネルギー企業DONG 社	世界で最初のバイオ燃料プラント稼働を発表。年間3万tの藁からバイオエタノール5,400kL、ペレット1.3万t、糖液1.1万t製造	Dong Energy 11.19.2009
米国	Poet 社	Corn stover原料バイオエタノール製造原価をエネルギー使用量や酵素コスト削減で10,000万kL/年規模で4.13\$→2.35\$/galに	Lincoln Journal Star 11.18.2009
米国	Cobalt 社	森林廃棄物、製材工場残渣からのバイオブタノールをEPAガイドラインに基づき認可された。2014年6~19万kL建設	The New York Times 1.13.2010
米国	Magellan.M.Partners、Poet 社	米国中西部～東海岸市場へのパイプライン全長2,900km建設事業発表。バイオエタノール1,360万kL輸送。総事業費40億\$	Poet社HP 1.14.2010
米国	DOE	NAABBに4400\$,NABCに3380\$,藻類由来バイオジゼル	Diesel net 1.10
デンマーク	Novozymes	セルロースバイオマスから2\$/gal、酵素¥12/LEtOHの新規酵素	Automotive Freet2.16
日本	新日石	2010年度からガソリン『バイオ型』過半に供給体制確立計画	日経新聞 2月18日
米国	Valero Energy	原料供給量500t/日、エタノール製造量22001万ガロン、	DTN 3.2.2010
	American Process	製紙工場近くに工場建設予定で製造コストは約1\$/gal.	Progressive Farmer

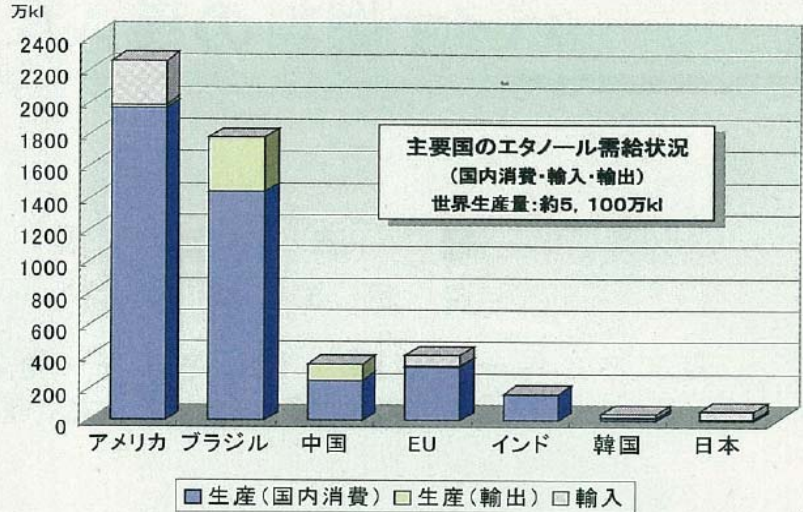
○2006年における世界のエタノール生産量は約5,100万kl(対前年比600万kl増)となり、米国が(生産量1,990万kl)及びブラジル(同1,780万kl)で7割以上の生産シェアを占めている。
 ○世界最大のエタノール輸出国はブラジルであり、その輸出量は340万klとなっている。

世界の用途別エタノール需要

世界生産量:約5,100万kl

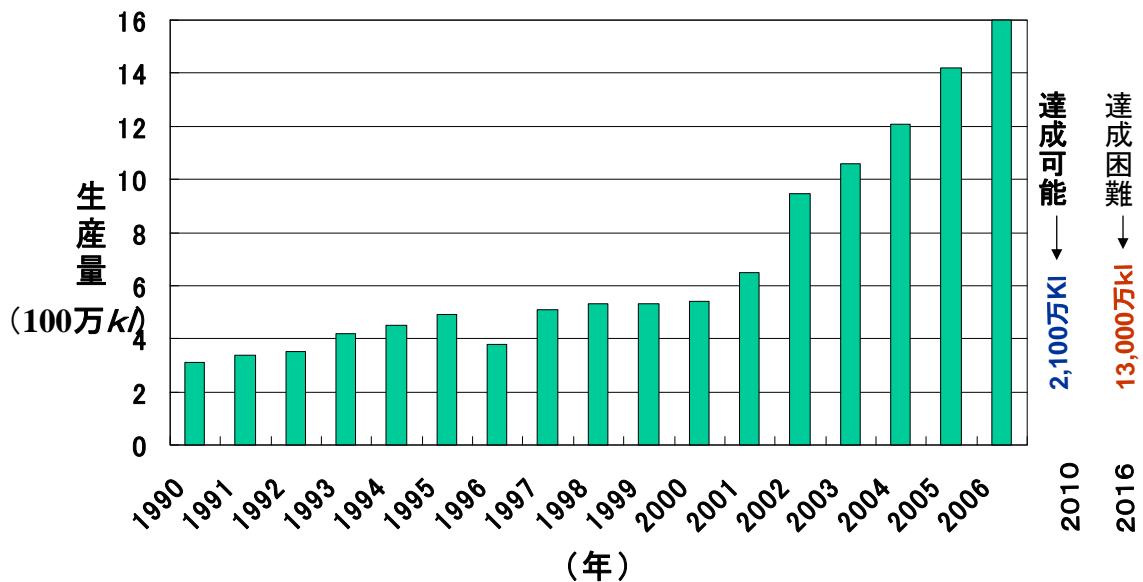


出典) F.O.Licht

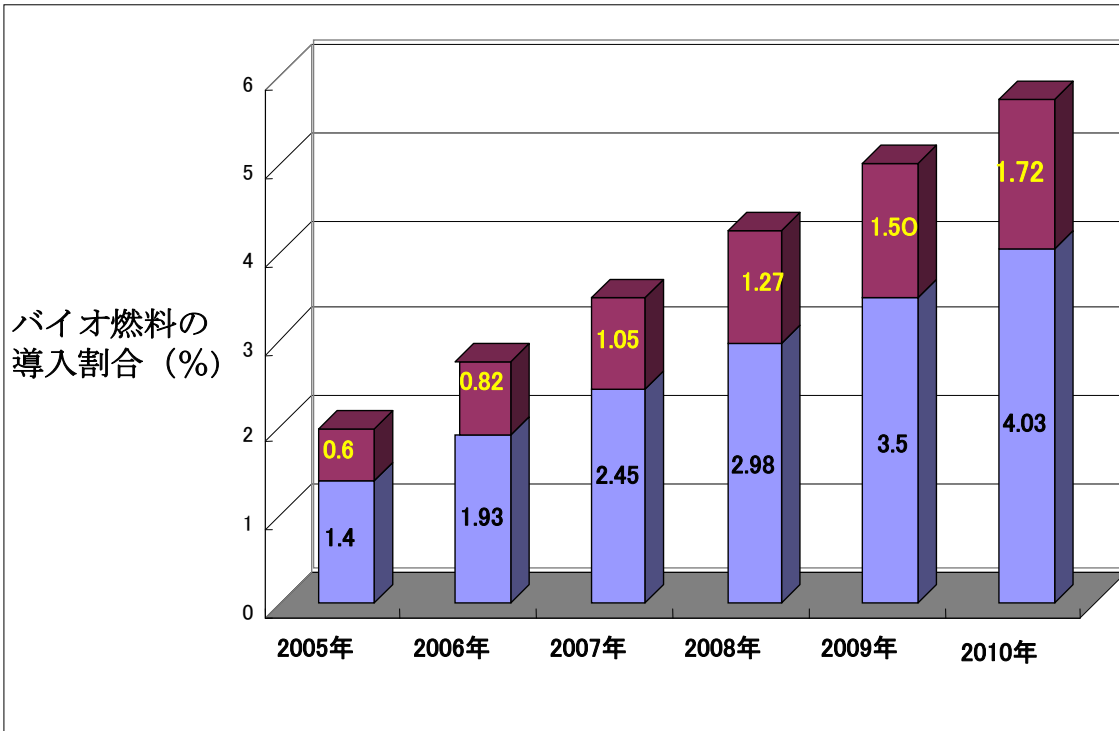


米国の燃料用エタノールの生産量の実績と予測

(米エネルギー情報局報告書 2007)



欧州25カ国のバイオ燃料導入目標と達成率



バイオ燃料に関する各国の基本方針と施策

項目	日本	米国	EU															
バイオ燃料に関する基本計画と導入目標	<p>新国家エネルギー戦略2006.5月 運輸部門石油依存度2030年で80%</p> <p>エネルギー基本計画 2007.3月 Cool Earth 計画 2008.3月 バイオ燃料技術革新計画2008.3月</p>	<p>大統領2007年頭教書 2025年迄に中東石油依存度5% 2017年迄バイオエタノール30%導入 (20 in 10) ガソリン燃料20%削減 5%効率向上、15%バイオ燃料</p>	<p>欧州首脳会議2007年3月 2020年迄CO₂20%削減、バイオ燃料割合を10%以上義務付</p> <p>SET-PLAN2007年11月 2020年迄GHG20%削減</p>															
バイオエタノール	<p>第1世代燃料 2010年糖澱粉系技術実証 E3、ETBE製造とインフラ整備 2010年導入目標50万KL</p>	<p>コーン原料で生産拡大中 2006年度清算実績18,378ML</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2010年迄バイオ燃料商用化 2005バイオ燃料3.9Mton 															
	<p>第2世代燃料 2015年までに国産原料で100円/l (稲わら、林地残材1.5KL規模) 2015年迄資源作物から40円/lの技術実証を1~1.5万KL規模で実証 2015~セルロース系バイオエタノール生産を開始、2025年迄に飛躍的な低コスト化を図る</p>	<p>Biomass Multi-Year Program Plan(2008)</p> <ul style="list-style-type: none"> 2012年\$0.35/L(原料\$0.10/l) 2017年\$0.32/L(原料\$0.09/l) 250MtDs/年 2012年迄EPA, DOE協力して E15, E20試験 2017年迄に6340MLの輸送販売容量構築 	<ul style="list-style-type: none"> 2010バイオ燃料商用化 2015大規模設備で実証 輸送燃料中の割合 2020年 2030年 baseline 輸送用% 7.5 9.5 potential 輸送用%10-14 15-20 Additional Impact 2020年 2030年 															
その他燃料油	<p>2010年までガス化、FT、DME合成水素化分解、バイオ燃料技術確立 2010年からGTL、CTL技術実用化 2020年ブタノール発酵技術確立 小型高効率液体燃料化技術確立 2030年BTL技術実用化</p>	<p>Vision for Bioenergy & Production in the USA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>市場シェア</th> <th>消費量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2000</td> <td>3.0%</td> <td>50.4Mtoe</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>5.0%</td> <td>778.1Mtoe</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>7.0%</td> <td>85.7Mtoe</td> </tr> <tr> <td>2030</td> <td>7.0%</td> <td>95.8Mtoe</td> </tr> </tbody> </table>		市場シェア	消費量	2000	3.0%	50.4Mtoe	2010	5.0%	778.1Mtoe	2020	7.0%	85.7Mtoe	2030	7.0%	95.8Mtoe	<p>CO₂削減量Mt 15-40 45-75 コスト削減\$/tCO₂ 150 90 化石削減\$/Mt10-25 20-40 付加的エネルギー コスト削減率% 1.5-3.5 2-3.5</p>
	市場シェア	消費量																
2000	3.0%	50.4Mtoe																
2010	5.0%	778.1Mtoe																
2020	7.0%	85.7Mtoe																
2030	7.0%	95.8Mtoe																

わが国のバイオエタノール製造技術開発の経緯と展望

通商産業省(当時)主導PJ

技術研究組合研究方式3/4助成
参加民間企業 10数社

イナワラ、セルラーゼ、固定化酵母発酵

新燃料油開発技術研究

燃料用アルコール開発技術研究

木質バイオマス、水蒸気爆砕、高熱細菌

経済産業省、環境省、農水省開発競争

木質バイオマス、ソフトバイオマス
化学処理直接糖化、酵素処理並存、

実用化の課題

・原料・糖化
・前処理・発酵

セルラーゼ糖化、C5C6同時発酵

NEDOバイオフェュエルチャレンジ

NEDO高効率変換技術

建築廃材、硫酸前処理、酸加水分解、C5C6同時発酵

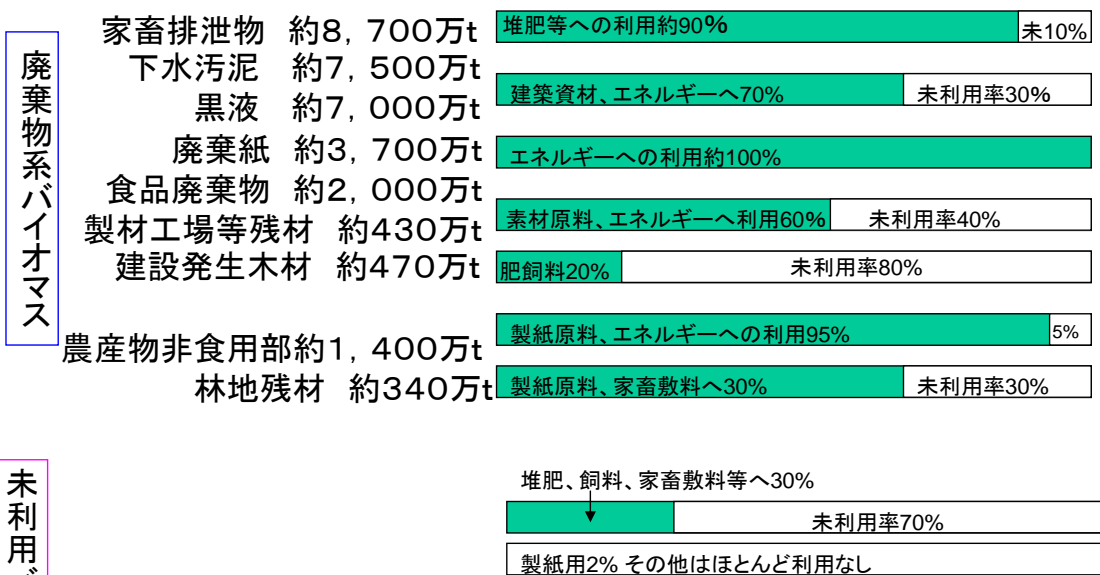
先導技術開発

1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015

←空白の10年間→

実用化

図-1 わが国のバイオマス賦存量・利用率(2006年)



各データは2006年12月時点で把握した最新値

出展: バイオマス・ニッポン総合戦略会議 平成19年2月

表-2 国産バイオ燃料生産可能量

(農林水産省試算)

原料	生産可能量(2030年度) エタノール換算	生産可能量(2030年度) 原油換算
1 糖・澱粉質(安価な副産物、規格外農産物等)	5万kL	3万kL
2 草本系(稲わら、麦わら)	180万kL~200万kL	110万kL~120万kL
3 資源作物	200万kL~220万kL	120万kL~130万kL
4 木質系	200万kL~220万kL	120万kL~130万kL
5 バイオディーゼル燃料	10万kL~20万kL	6万kL~12万kL
合計	600万kL程度	360万kL程度

出典: バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議 平成19年2月

日本経済新聞

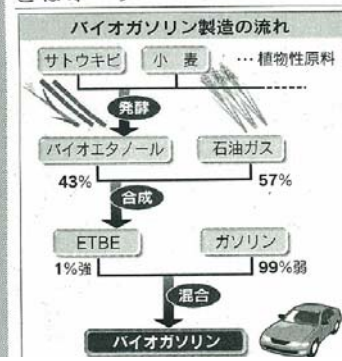
2月18日
木曜日

発行所 日本経済新聞社
東京本社 電話(03)3270-7100
大阪本社 電話(06)6943-1100
名古屋支社 電話(06)243-1100
札幌支社 電話(011)281-1100
http://www.nikkei.co.jp
購読のお申し込み
電話0120-21-4949
http://www.nikkei4946

新日石 「ガソリン」バイオ型過半に 生産体制 全国2000店で販売

新日石石油は環境配慮型の燃料である「バイオガソリン」の生産を拡大する。2010年度中に西日本の3つの製油所で新たに生産を始めることで、同社製ガソリンの過半がバイオ型になる見通し。植物由来の原料を混ぜたバイオガソリンは従来型ガソリンに比べ二酸化炭素(CO₂)排出量を減らしたとみなされる。取り扱うガソリンスタンドも全国で約2000店に倍増。国内のガソリン販売が長期低迷する中、環境負荷の低さを打ち出し需要をこ入れする。(国内のガソリン販売は3面「さよう」は参照)

環境配慮で需要をこ入れ
自動車の動力源を巡っている。最大の新日石がガソリンの場合に比べ50万トンは電気などの競争が主とする形で生産・販売削減できる見込みだ。業界はガソリンのバイオ型には車の走行時のCO₂排出量を削減するのには型への切り替えを急いでいる。排出量を従来型ガソリンと比べて約半分と



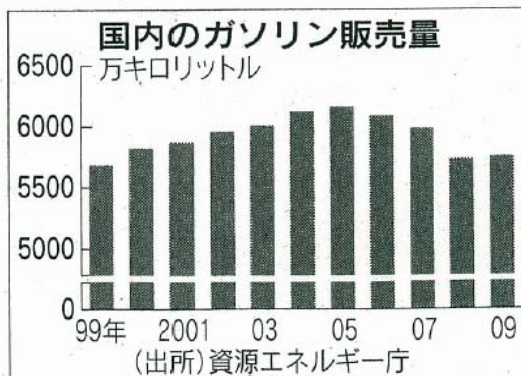
大阪製油所・大阪府高石市、水島製油所・岡山県倉敷市。それぞれの製油所にサトウキビなど植物から作った原料を混ぜる装置を新設する。新日石はグループで全

国内のガソリン販売

きょうのことば

▽…国内のガソリン販売量は2005年をピークに減少に転じた。09年は高速道路の一部値下げの効果などで下げ止まったものの、地球温暖化対策が加速し、燃費性能が高いハイブリッド車などが普及。ガソリンを使わない電気自動車の比率も今後高まっていく見込みで、今後も年3%以上のペースで需要減が続くと予想されている。

▽…ガソリンスタンド数も09年3月末時点で約4万2000カ所と10年で約25%減った。製油所の設備能力は全



国で約2割が余っている状況だ。石油元売り各社の収益は急速に悪化しており、新日本石油や昭和シェル石油などが相次いで製油所の設備削減計画を打ち出している。

出展：日本経済新聞 2010.2.18号

日本の農業系原料

(単位 wt%)

バイオマス種	水分	粗灰分	粗繊維	炭水化物	粗脂肪	粗蛋白質
甜菜(根) ¹⁾	75.0	1.0	2.0	21.0	0	1.0
甜菜(ビートトップ) ²⁾	83.3	2.3	1.9	10.0	0.3	2.7
馬鈴薯(塊茎) ²⁾	81.3	0.9	0.4	15.4	0.1	1.9
馬鈴薯(茎葉) ²⁾	85.5	2.5	4.1	5.2	0.5	2.2
稲(玄米) ²⁾	13.8	1.4	0.9	73.7	2.3	7.9
稲(稲わら) ²⁾	67.4	4.9	9.9	14.7	0.8	2.3
稲(もみ殻) ²⁾	9.5	17.8	39.8	29.2	0.9	2.8
小麦(子実) ²⁾	11.5	1.7	2.4	70.5	1.8	12.1
青刈とうもろこし ²⁾	72.9	1.5	6.2	16.6	0.7	2.1
牧草/オーチャート ²⁾	72.8	2.0	9.7	12.5	0.7	2.3

日本の木質系原料

代表的な未利用セルロースの成分組成

成分組成	杉粗細	杉樹皮	廃木材	竹(5年)	白樺	稲藁
アルコール・ベンゼン可溶分	0.57	0.81	2.80	3.89	2.28	4.10
α -cellulose	42.41	41.52	41.89	41.95	42.33	39.13
β -cellulose	0.00	0.05	0.14	0.22	0.05	0.14
hemi, γ -cellulose	25.37	23.49	21.78	27.56	36.10	32.78
酸不溶性リグニン	31.61	34.08	33.22	26.35	19.20	23.63
酸可溶性リグニン	0.04	0.06	0.17	0.02	0.03	0.22

都道府県別森林資源量、林地残材発生量の推定結果(林野庁HP)

県名 (t/ha上位)	森林蓄積量 (千m ³)	林野総面積 (千ha)	林地残材量 (千m ³ /年)	林地残材乾物 (千t/年)	林地残材/林野 面積 (t/ha/年)
宮崎	117,599	590	569	216	0.366
熊本	104,563	466	371	141	0.302
大分	89,281	457	313	119	0.260
栃木	57,636	345	200	76	0.220
愛媛	79,838	401	231	88	0.219
佐賀	21,724	110	56	21	0.194
茨城	30,126	190	96	37	0.193
宮城	63,500	414	188	72	0.173
三重	62,251	375	170	64	0.172
岩手	193,320	950	484	184	0.159
奈良	59,854	284	117	44	0.156
愛知	37,951	220	90	34	0.154
青森	95,633	630	251	95	0.151
秋田	127,450	840	328	328	0.148
鹿児島	102,020	593	338	204	0.131
全国計	3,757,845	24,918	7,685	2,920	平均 0.117*
備考	*この値は平均値であり、通常の人造林の間伐材の平均値は9~10 (t/ha/年)である				

建設発生木材のリサイクル実績

(2005年年間取扱量実績より)

リサイクル量 全国総計: 約226万t 東京ドームで換算:約9.0杯分



出展: NPO法人 全国木材資源リサイクル協会連合会
<http://www.woodrecycle.gr.jp/recycle.html>

ASEANにおける農産廃棄物発生見通し 2030年、乾物基準、バイオマス生産量から試算)

(単位: 千t)

農産物の種類	サトウキビ	キャッサバ	とうもろこし	米	オイルパーム	ココナッツ	合計
対象部位	ハガス・ フィルターケーキ	搾り粕・ 茎・葉	茎・葉・穂軸・ 殻・粗繊維	種 々	果実殻・ 空果房	果実殻・ 繊維	
タイ	88,820	29,200	7,270	51,240	13,540	18,600	208,670
マレーシア	2,160	520	120	3,270	180,290	11,500	197,860
インドネシア	172,120	61,070	51,760	72,400	296,210	258,400	911,960
フィリピン	51,100	4,860	19,890	23,460	380	518,600	618,290
ベトナム	26,380	10,090	13,940	47,540	0	13,700	111,650
ミャンマー	27,840	520	1,420	26,820	0	13,200	69,800
カンボジア	320	1,040	1,140	9,120	0	1,600	13,220
ラオス	1,440	310	1,170	5,660	0	0	8,580
合計	370,180	107,610	96,710	239,510	490,420	835,600	2,140,030
エタノール換算係数(t廃棄物/tバイオマス)	0.314						

各農産廃棄物量は水分、灰込みの原状有姿基準で表示
 黄色枠は廃棄物からエタノールを生産する場合のエタノール換算において有望なもの

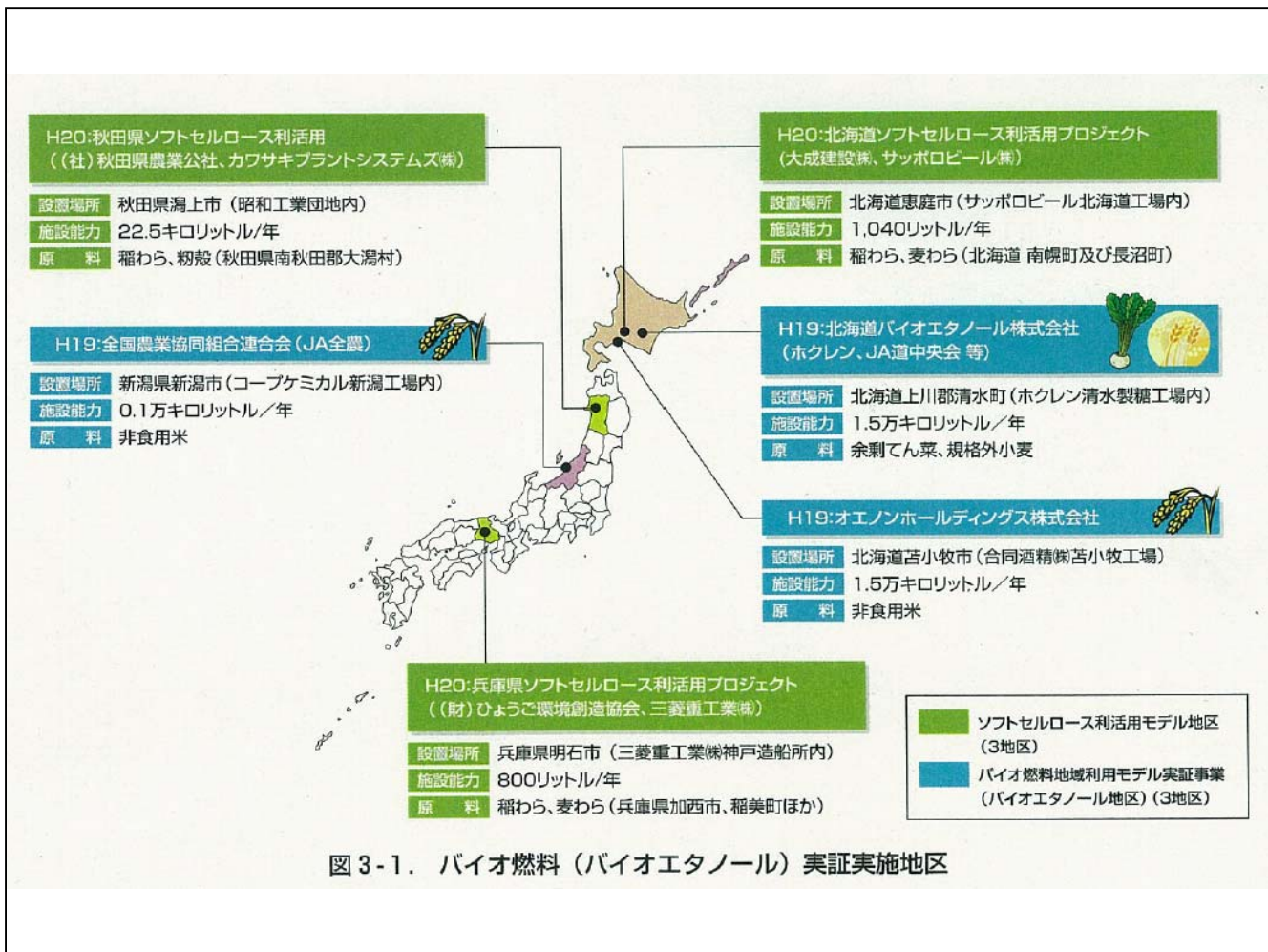


図3-1. バイオ燃料(バイオエタノール)実証実施地区

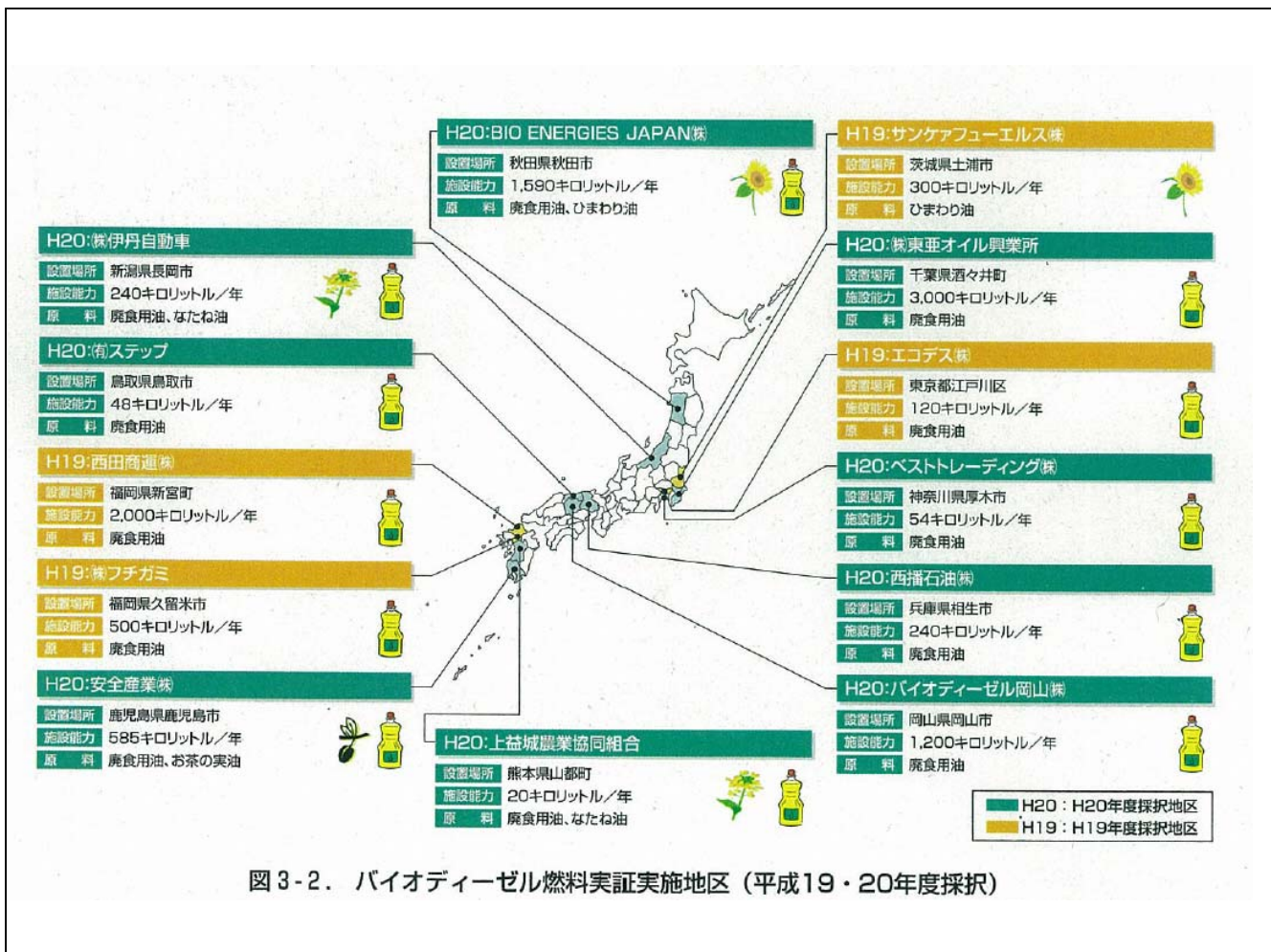
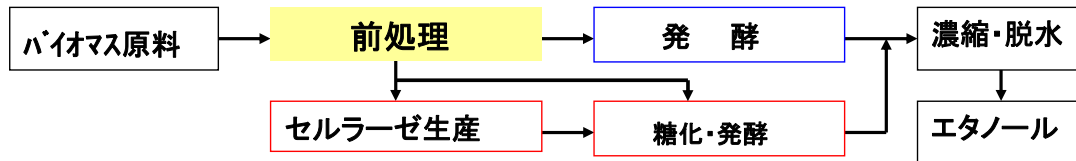


図3-2. バイオディーゼル燃料実証実施地区(平成19・20年度採択)

技術

各国のバイオマス前処理・糖化・発酵工程の代表的な研究事例

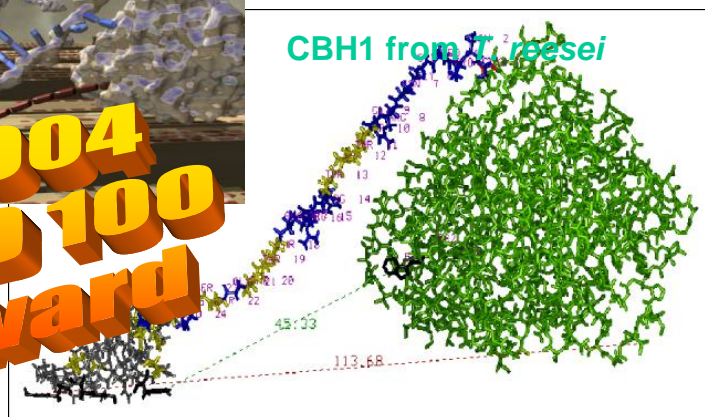


直接加水分解・発酵方式		セルラーゼ糖化併行複発酵方式	
代表例	主要反応条件	代表例	主要反応条件
濃硫酸加水分解 NEDO プロセス	H ₂ SO ₄ 75%, 90°C	高温希硫酸処理 米国立再生エネルギー研究所	H ₂ SO ₄ 1% ~ 200°C
希硫酸加水分解 月島機械	H ₂ SO ₄ 1.0%, 170°C 1.5%, 220°C	高温水蒸気爆砕・化学処理? カナダ logen社	
加圧熱水分解 産業技術総合研究所	250°C	SO ₂ ・水蒸気処理 スエーデンLund 大学	SO ₂ 100ppm, 190°C
超臨界加水分解 京都大学、広島大学等	300°C~	湿式酸化処理 デンマークRISO国立研究所	O ₂ 100 pm, 180°C

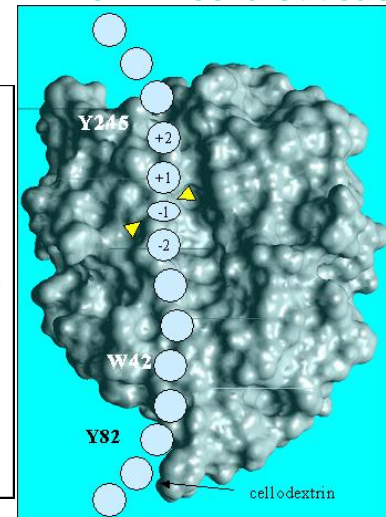
• **Genencor and Novozymes Cost-shared Subcontracts**

- Focus: lower production cost, increase enzyme system efficacy
 - Enzyme cost (\$/gallon EtOH) = Prod. Cost (\$/kg) x Usage Req. (kg/gallon EtOH)

➤ Cellulase cost reduced to below \$0.20/gal EtOH (by subcontract metric)



E1 from *A. cellulotiticus*



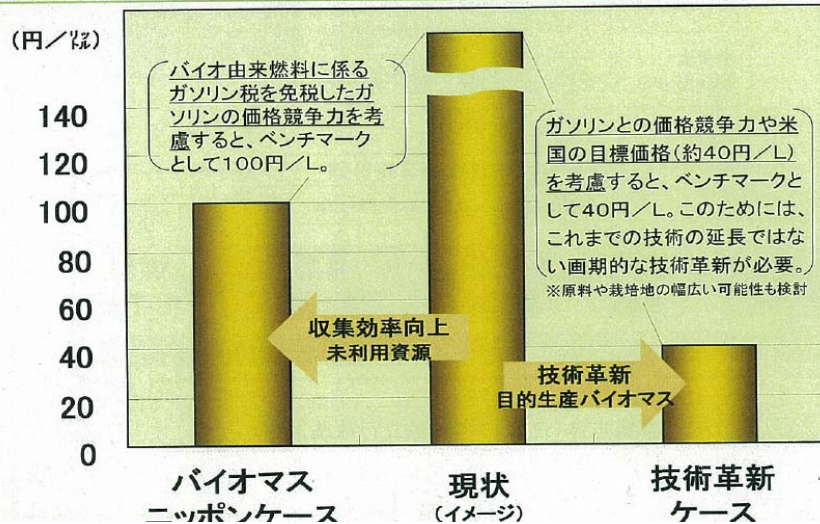
Dr. John Ashworth, NREL(2006)

わが国のバイオ燃料技術革新計画

経済産業省、農林水産省(2008.3.26)

1. バイオ燃料技術革新協議会について(ベンチマーク)

★原料、酵素にかかるコストを重点的に低減することによりエタノール生産の低コスト化を実現する。



バイオマス・ニッポンケース 100円/L (まとめ)

		バイオマス・ニッポンケース(100円/L)		
原料	生産地	国内		
	バイオマス原料	(未利用資源) 稲わら、麦わら、スギ等の造林樹種、古紙等		
製造	生産規模	1.5万kL/年		
	開発対象技術	前処理	微粉碎処理、硫酸法、水熱処理、アルカリ処理、微生物処理	
		酵素糖化	高活性酵素選択・創製、成分比最適化、オンサイト酵素生産、リアクタ設計	
		エタノール発酵	連続発酵、5炭糖・6炭糖同時利用、高温耐性	
		濃縮脱水	膜分離法	
廃液処理	発酵残渣・灰分の有効利用(肥料、飼料)、処理エネルギー低減			

3. 技術革新ケース 40円/L (まとめ①)

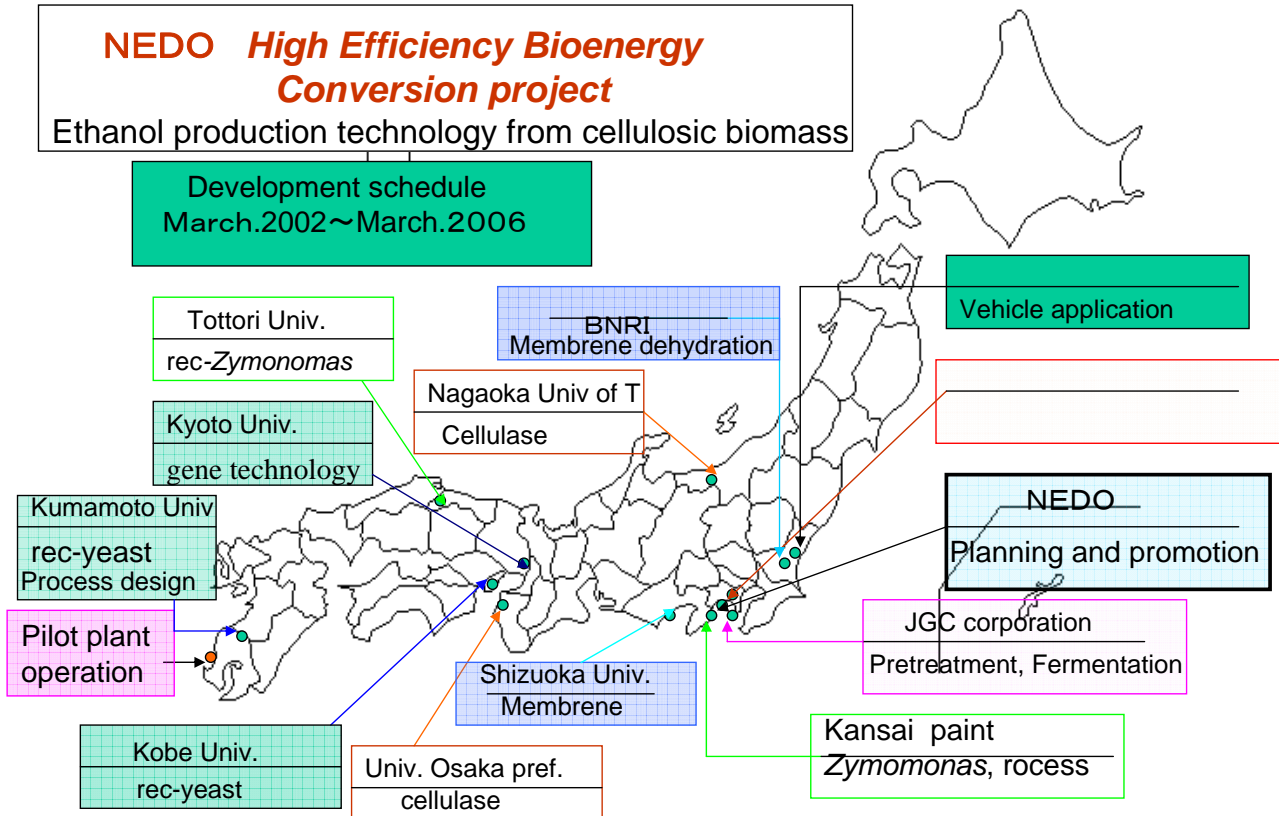
		技術革新ケース(40円/L)	
原料	生産地	国内外	
	バイオマス原料	(目的生産バイオマス) 多収量植物(エリアンサス、ミスカンサス、ソルガム、サトウキビ、ススキ、ネピアグラスなど) 早生広葉樹(ヤナギ、ポプラ、ユーカリなど) ※大幅なシステム革新があれば針葉樹(スギなど)も活用できる可能性はある。	
製造	生産規模	10~20万kL/年	
	開発対象技術	前処理	微粉碎処理、アンモニア処理、水熱処理、ソルボリシス、アルカリ処理、微生物処理
		酵素糖化	高活性酵素選択・創製、成分比最適化、オンサイト酵素生産、酵素回収再利用、含水固体糖化リアクター、糖液濃縮技術
		エタノール発酵	連続発酵、5炭糖・6炭糖同時利用、高温耐性、含水固体発酵装置
		濃縮脱水	膜分離法、溶媒抽出法
廃液処理	廃液処理-再利用(膜分離法など)、発酵残渣・灰分の有効利用(肥料、飼料)、処理エネルギー低減		
原料~製造に係るLCAの視点		CO ₂ 削減率50%以上、エネルギー収支2.0以上	

開発事例紹介

NEDO High Efficiency Bioenergy Conversion project

Ethanol production technology from cellulosic biomass

Development schedule
March.2002~March.2006



木材チップの硫酸糖化处理



リグニン残渣
(発電用燃料)



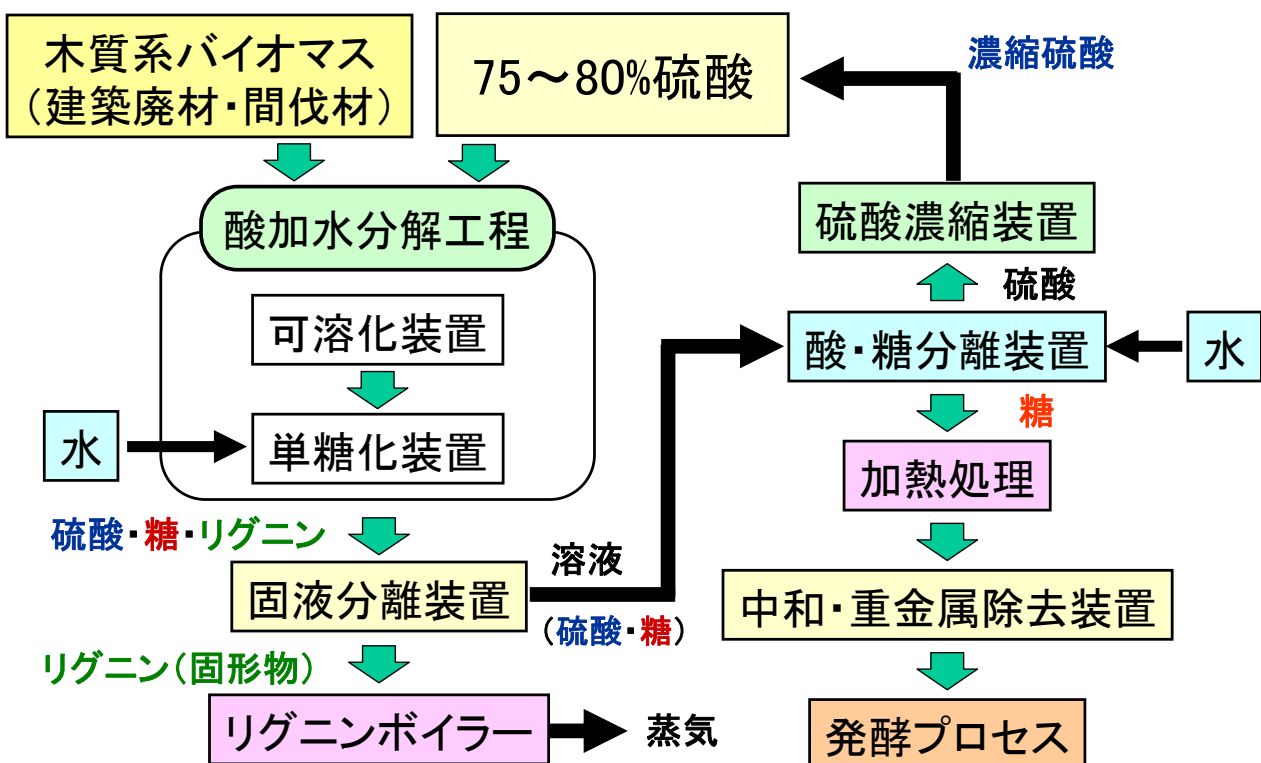
酸処理糖化液
(プレス濾過液)



硫酸分離糖液

発酵原料

NEDO法バイオマスエタノール製造プロセス



Summary of NEDO concentrated acid pretreatment method

Feedstocks: Construction waste, capacity 100,000KL/year, 345day operation/ year

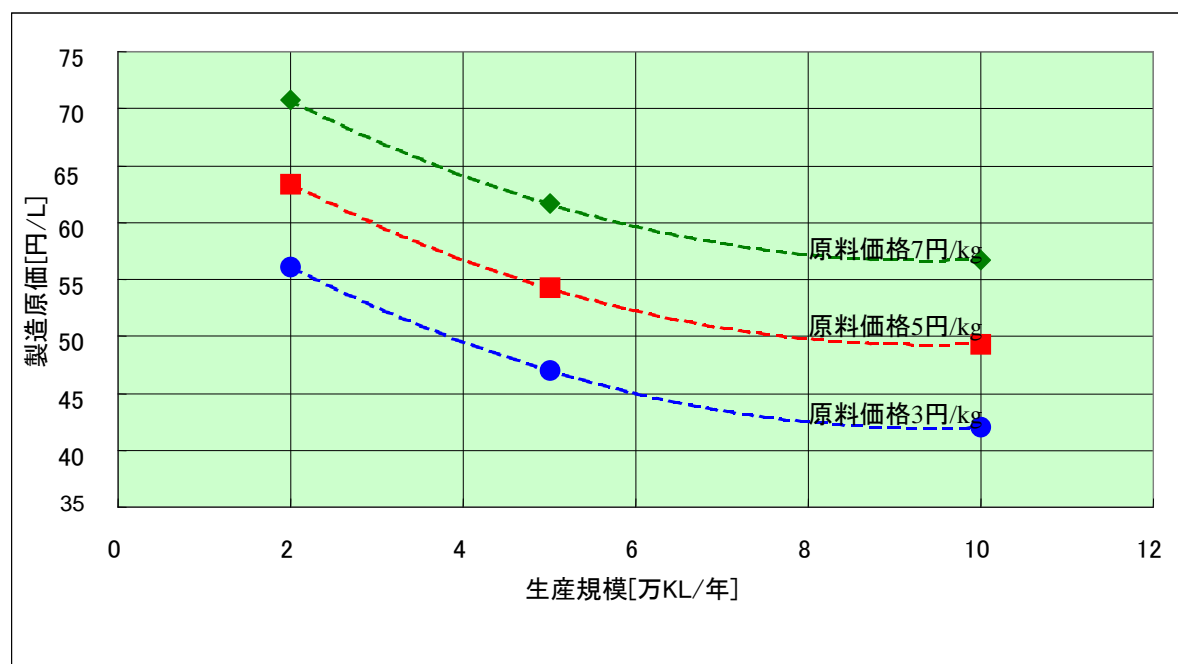
Evaluation Item	Achieved value on pilot plant
Components of holo-cellulose	70wt%(dry base)
①Total yield of hydrolyzation	87wt%
saccharification	90wt%
solid/liquid separation	99wt%
sugar/acid separation	96wt%
②Fermentation yield	90wt%
Total yield of bioethanol from biomass ①×②	78.3wt%
Total biomass consumption	41.67t/hr (1000t/day, 345,000t/yeay)
Bio-ethanol production	12,2kl/hr(100,000kl/year)

エタノール生産量10万KL／年のプラント本体建設費積算結果

前提条件: 木質系バイオマス原料、濃硫酸法前処理、C5,C6連続醗酵、膜脱水、国内の製油所内に設置

原料粉碎処理工程*1	1,170,000	リグニン燃焼ボイラー	1,200,000		
前 処 理 糖 化 工 程	原料乾燥セクション	227,000	工 事 費	土木、建築工事	800,000
	加水分解処理セクション	573,000		据付工事	230,000
	固・液分離セクション	734,000		配管工事	650,000
	糖・酸分離工セクション	1,046,000		電気、計装工事	600,000
	デオリゴセクション	0		保温、塗装工事	140,000
	糖液中和セクション	90,000		安全対策工事	60,000
	硫酸回収・濃縮セクション	1,173,000		試運転調整費	43,000
前処理工程合計	3,934,000	運送費	60,000		
培養、連続醗酵工程	364,000	工事費合計	2,583,000		
蒸留工程	169,000	一般管理費*3	680,000		
脱水工程	300,000	建設費総計	9,800,000		
廃水処理工程	522,000	備 考	金額は千円単位で纏めている。 *1別枠、 *2工事費含みの概算値 *3 建設費(機器、工事費)の約8%相当		
貯蔵タンク類	48,000				
機器費合計	5,337,000				

生産規模・原料価格のエタノール製造コストに及ぼす影響



代表的なバイオエタノール製造プロセスの国際比較

設計ベース: バイオマス処理量1,000DM/日 (エタノール生産量10万kL/年)

主開発機関	RISO/BAFF	NREL(米国)	NEDO(日本)
変換 前処理	酸化剤・水熱	希硫酸・水熱	低温濃硫酸
醗酵方式	SSF	SSF	SHF
対象原料	straw、wood	corn stover	wood
総括収率(wt%)	目標 62.3	61.2	68.0
糖化収率	—	—	85
醗酵収率	—	—	80
ETOH収量L/t	目標 250	280	275
変換コスト¥/L *	目標 35.0	32.0	31.7

* 原料費を製造コスト(原料費を加えると全製造コストとなる)