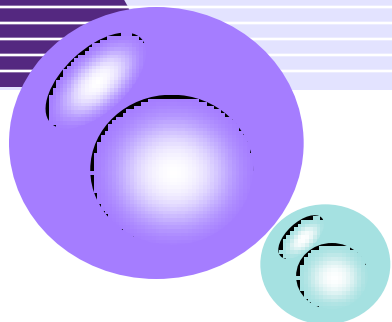


新エネルギー利用(4) バイオマス

山口大学大学院技術経営研究科 福代和宏



バイオマスエネルギー

バイオマスとは

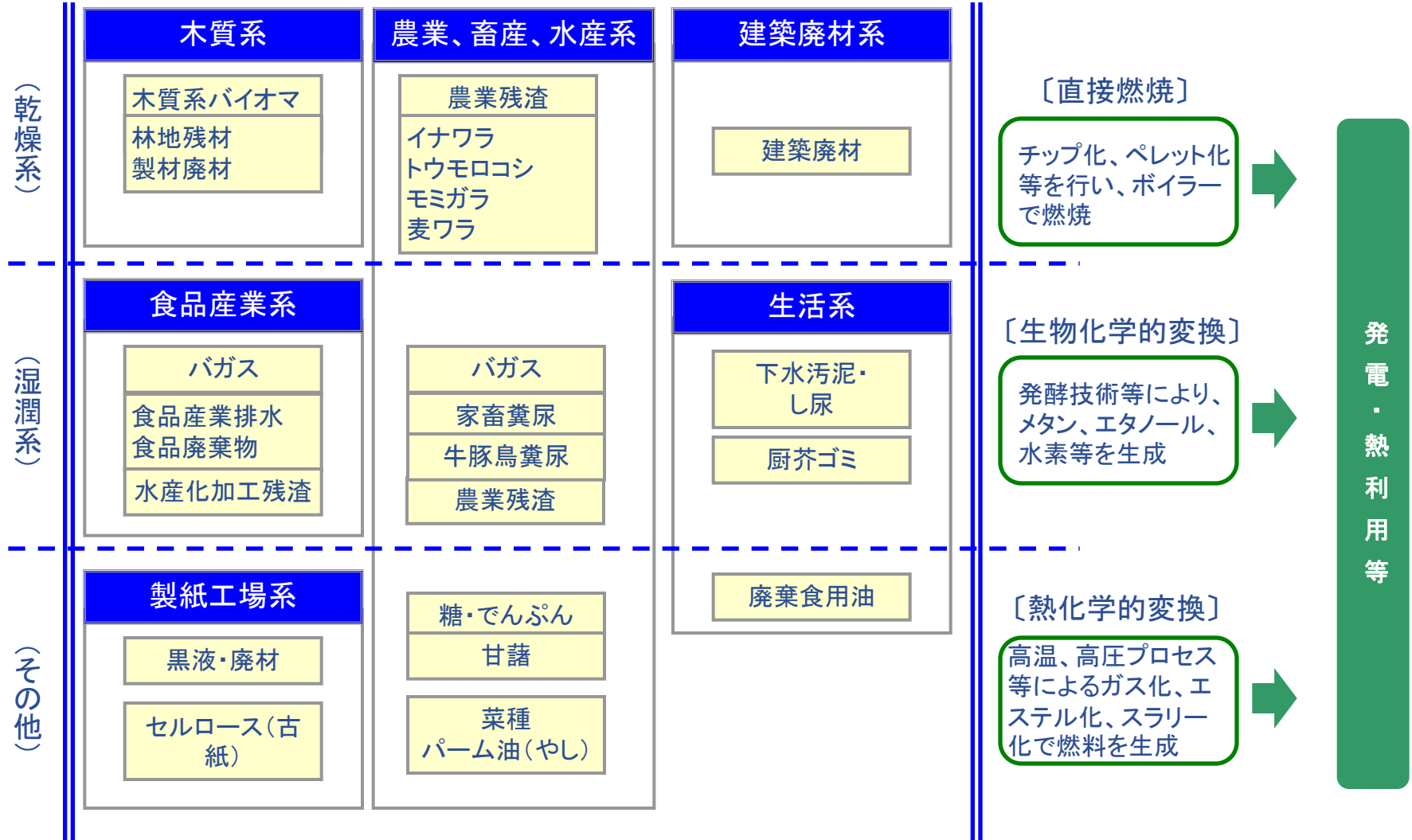
- ◆再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの
- ◆太陽エネルギーを使って生物が合成したもの
- ◆生命と太陽があるかぎり枯渇しない
- ◆焼却しても大気中に二酸化炭素を増加させない（カーボンニュートラルな資源）

バイオマスへの期待

- ◆循環型社会の形成
- ◆地球温暖化の防止
- ◆農林漁業、農山漁村の活性化
- ◆競争力のある我が国の戦略産業の育成

「バイオマスニッポン」プロジェクト（農林水産省）

バイオマスの分類



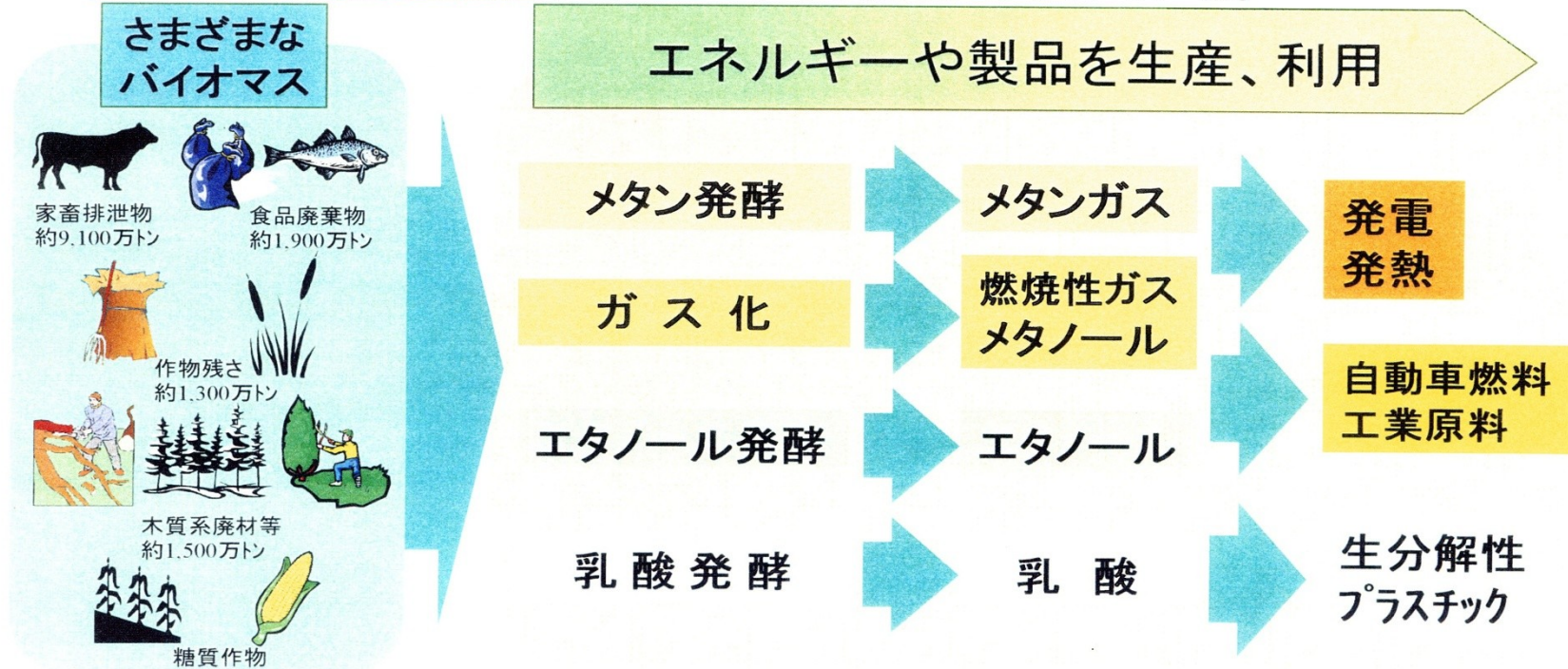
出典: エネルギー2004(資源エネルギー庁)

なぜ、今、「バイオマス・ニッポン」か

ーバイオマスから始まる大きな可能性ー

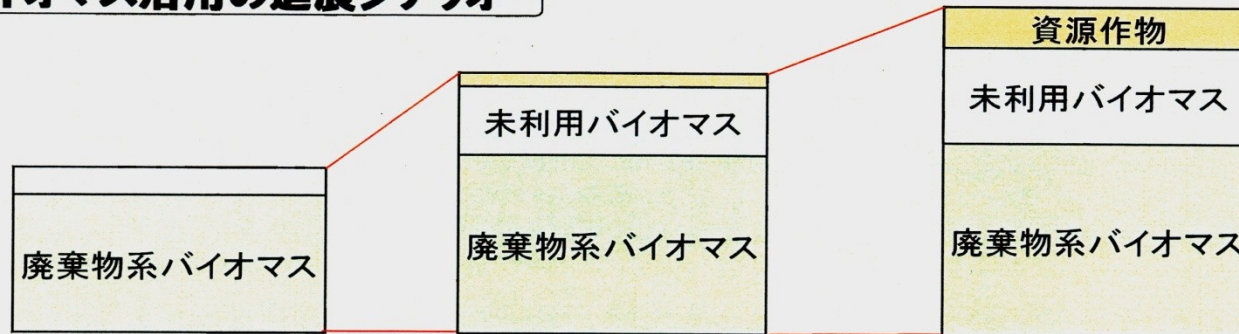
バイオマスを原料として、電気や熱、液体燃料などの**エネルギー**や生分解性プラスチック、工業原料などの**製品**が生産され、**さまざまな用途に利活用が可能**。今後、利活用技術の進展等により、その可能性はさらに拡大。

このバイオマスを最大限活用し、**持続的に発展可能な社会「バイオマス・ニッポン」**を**早期に実現**することが、今、強く求められている。



バイオマス・ニッポンの展開方向

バイオマス活用の進展シナリオ



現状

2010年

2020年

我が国のバイオマス賦存量

国内で生産されるプラスチックに含まれる全炭素量の

約3.3倍

《具体的目標(2010年目途)》

◎技術的観点

エネルギー変換効率向上、
製造製品のコスト目標等

◎地域的観点

バイオマスを一定割合以上
利活用する市町村を500程度構築

◎全国的観点

- ・廃棄物系バイオマス: 炭素量換算で80%以上利活用
- ・未利用バイオマス : 炭素量換算で25%以上利活用
- ・資源作物の利活用

木質バイオマス



チップ

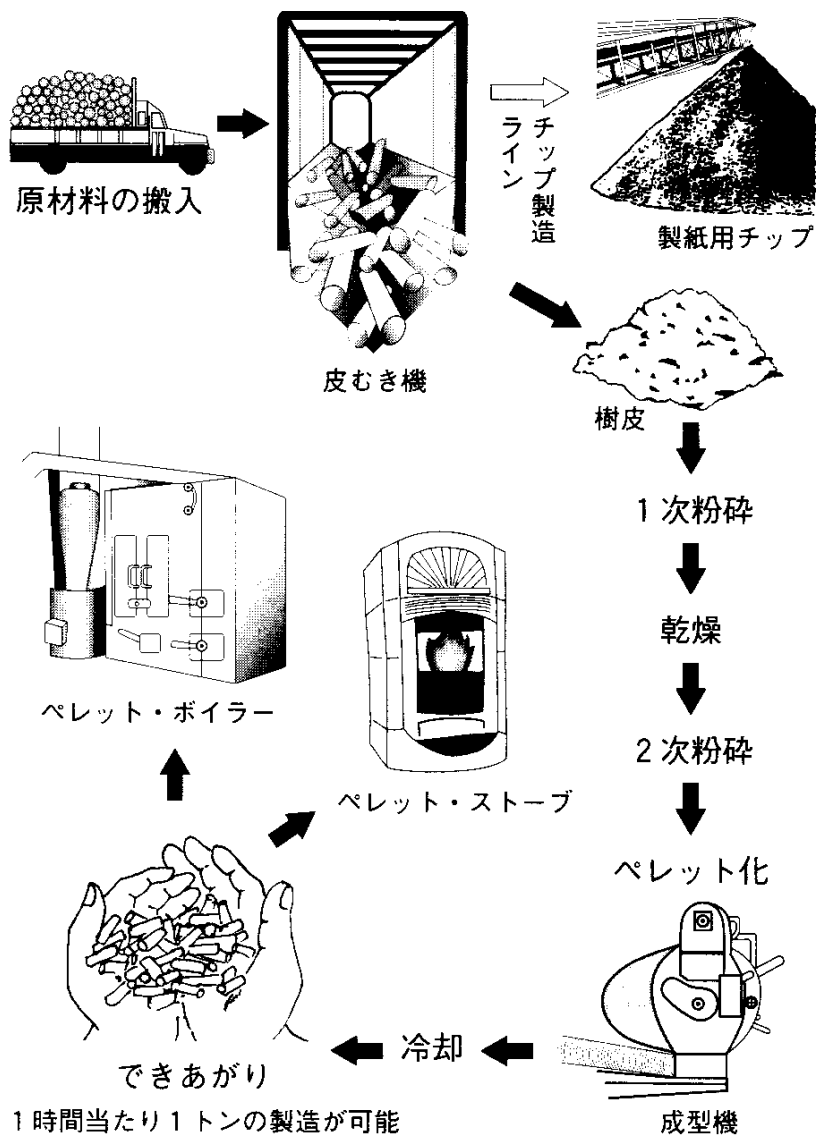
- 間伐材を粉砕したもの
- 3センチから5センチ角



ペレット

- 長さ3ミリ～5センチ
- 太さ6ミリ～13ミリ
- 4500kcal/kg（針葉樹皮）

ペレットの製造過程

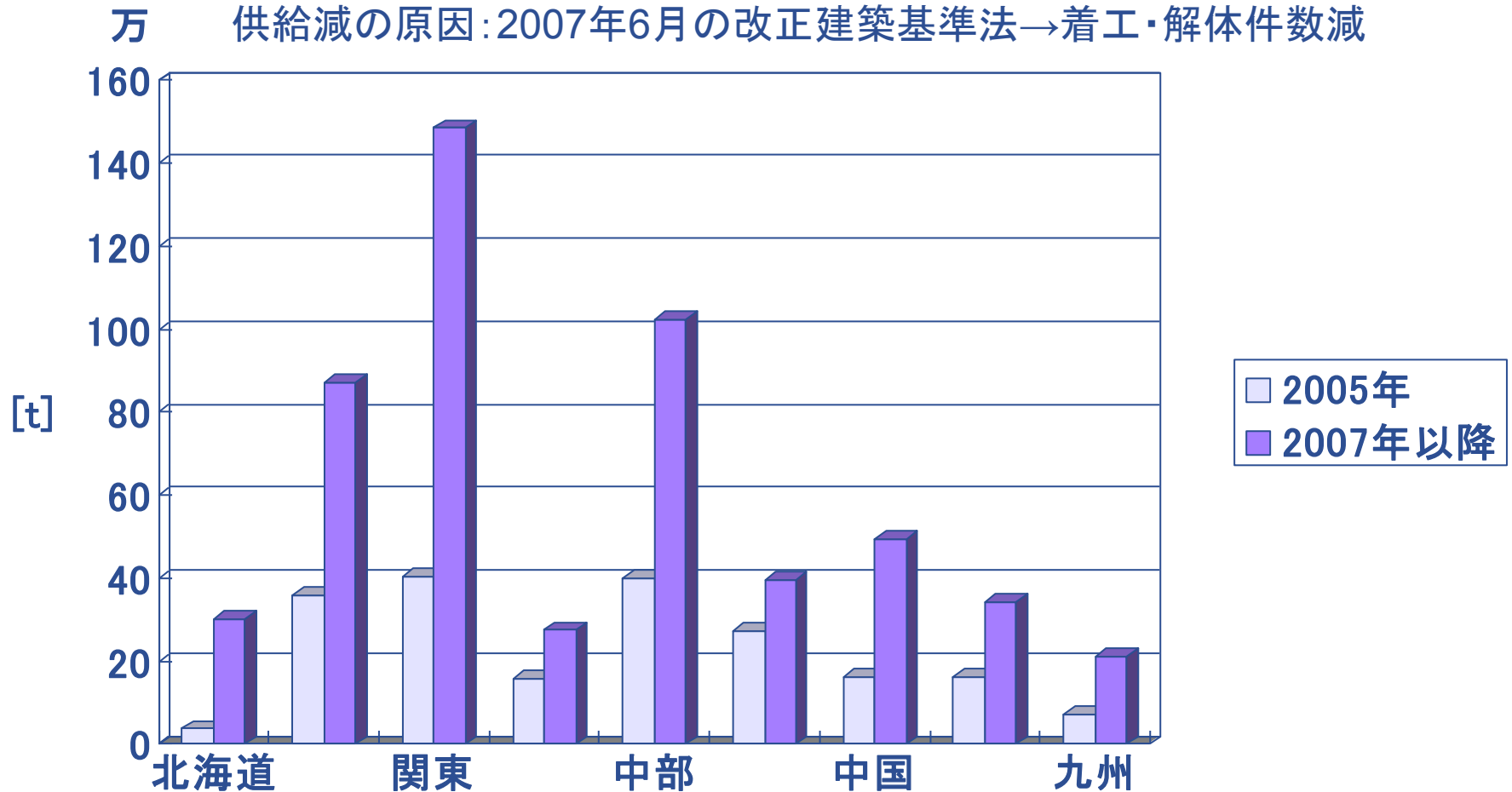


- ペレットの特徴
 - ハンドリングが楽
 - 自動供給可能
 - 火力コントロールが可能

逼迫する木屑需給

需要急増の原因：(1)重油・石炭の価格高騰、(2)グリーン電力買取制度

供給減の原因：2007年6月の改正建築基準法→着工・解体件数減

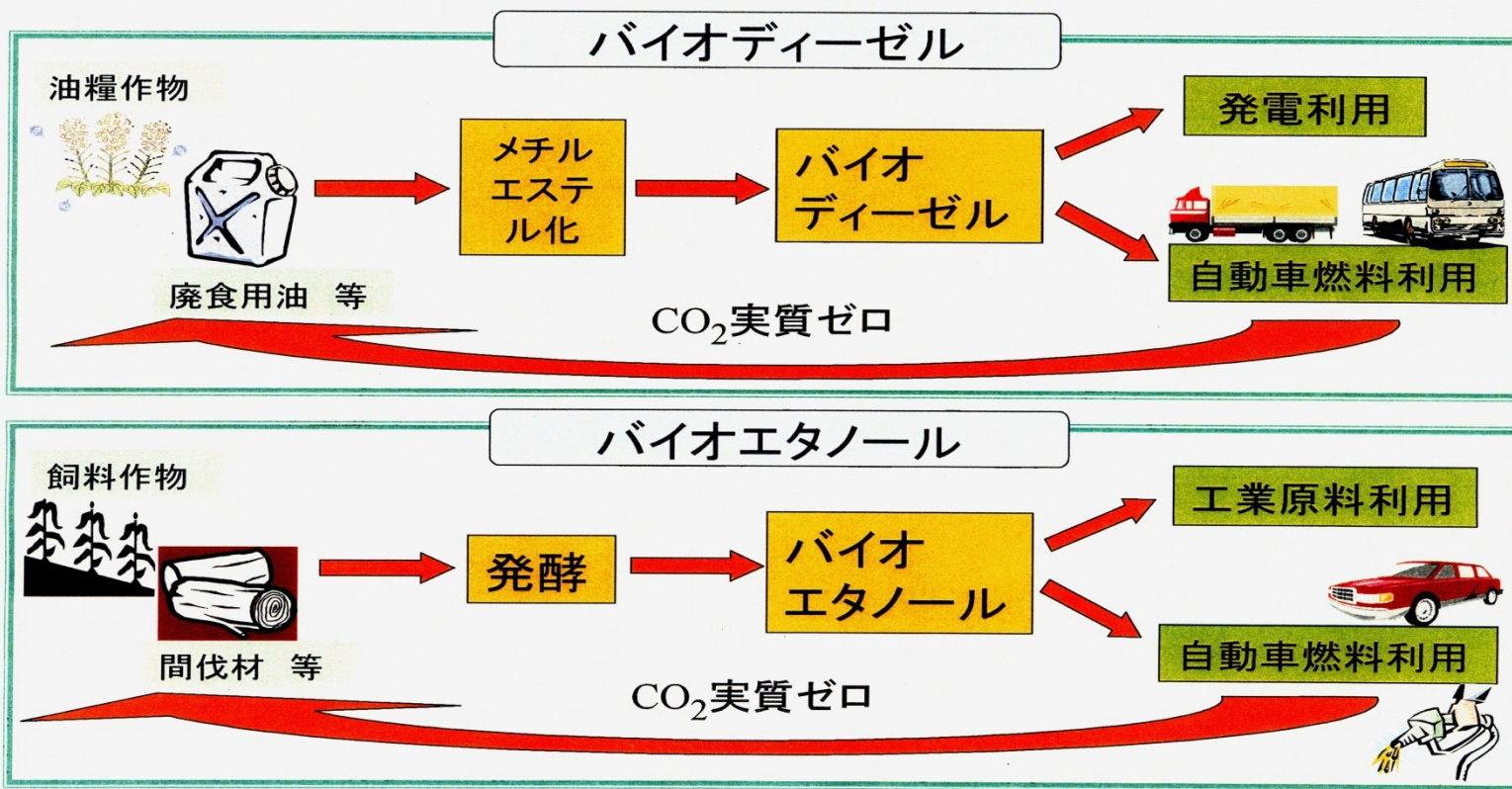


岩国ウッドパワー：予定の60～80%しか木屑
が集まらず稼働率低下

出典：日経ビジネス2008年6月16日号 pp. 6-7

バイオディーゼル、バイオエタノール

バイオマス由来燃料の導入による自動車の低公害化



農林水産省「バイオマス・ニッポン」パンフレットから引用

バイオ燃料を巡る最近の話題 1-1

- 輸入バイオ燃料「上陸」、首都圏で試験販売、元売り10社、27日から
 - 石油元売り十社が共同輸入したバイオ燃料が6日午前、新日本石油精製の根岸製油所(横浜市)に到着した。小麦から作ったバイオエタノールと石油製品を合成した「ETBE」7800キロリットルをフランスから購入した。根岸製油所でガソリンに7%混ぜた「バイオガソリン」を製造し、27日から首都圏50のガソリンスタンドでレギュラーガソリンの代わりに試験的に販売する。

バイオ燃料を巡る最近の話題 1-2

- バイオ燃料は京都議定書で二酸化炭素(CO₂)の排出量がゼロとされ、ガソリン代替が進めば国内のCO₂排出量削減につながると期待されている。原料のバイオエタノールの国内生産は限定的で、当面は元売り各社がETBEの形で輸入して供給する。ETBEは今年度12,000キロリットル輸入する計画だ。
 - 新日石は根岸製油所内の施設を近くETBEの製造装置に改造し、2009年度をメドに輸入したバイオエタノールを使ってETBEを国産化する方針。
- 2007/04/06, 日本経済新聞夕刊, 3ページ

ETBEとは？

- Ethyl Tertialy Butyl Ether
- $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$
- $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2 + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$
- (イソブチレン) (エタノール) (ETBE)

- 植物から作ったバイオエタノールと石油製品のイソブチレンをおよそ3対4の割合で合成させた無色透明の物質。
- エタノール単独よりも水と混じりにくく、ガソリンと混ぜた際に性質が安定しやすい。
- フランスやドイツなど欧州で利用が増えている。

バイオ燃料を巡る最近の話題 (2)

■ GW販売実績、バイオガソリン、指名買いは少数

- 石油元売り9社が大型連休前に発売した、バイオエタノール入りのバイオガソリンを「指名買い」する消費者が少数にとどまっている。出光興産がバイオガソリンを販売する7店舗の6日までの販売実績は前年同期のレギュラーガソリンとほぼ同じだった。ただ、「利用者の環境意識は強く、普及の見極めにはなお数週間必要」(昭和シェル系のスタンド)との声もある。
- バイオガソリンの販売は、4月27日から首都圏4都県の50のガソリンスタンドで始まった。出光によると、バイオガソリンの取扱店を選んで来店する顧客はごく一部。ほとんどが来店後に知った。レギュラーを取り扱っていないと聞いて給油しないケースもあったという。
- 6スタンドで扱うコスモ石油も「大型連休中、指名買いはほとんどなかった」。連休中に初めてバイオガソリンを使ったドライバーが多く、スタンドでは「数週間後、再び選ぶかどうかは普及のカギ」とみている。

■ 2007/05/08, 日本経済新聞朝刊, 11ページ

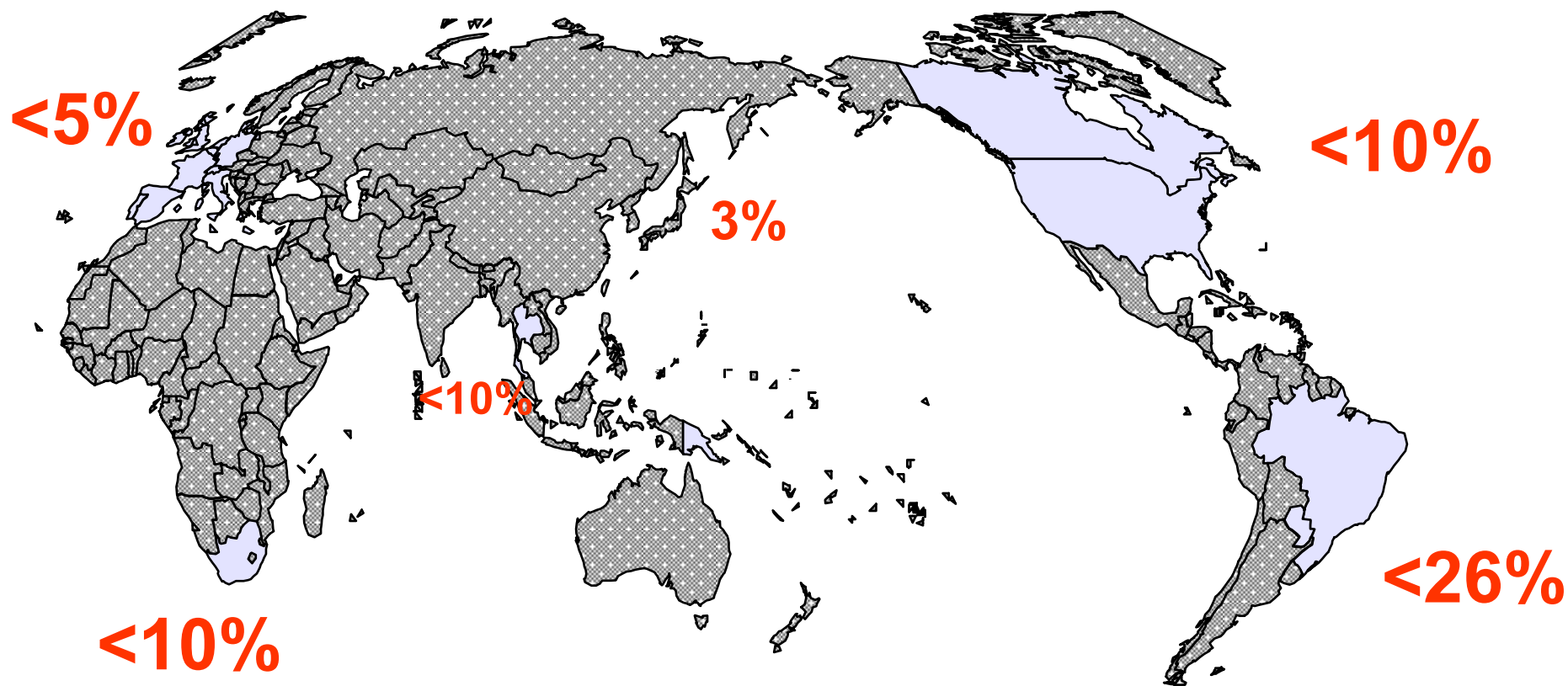
バイオガソリンの販売(流通実証事業)体制

- 2007年4月に首都圏50箇所の給油所で販売(流通実証事業)開始
 - 2010年の本格導入に向けて段階的に販売給油所を拡大予定
 - 2007年4月 1.2万kL
 - 2008年度 1.6万kL
 - 2009年度 20万kL
 - 2010年度 84万kL(バイオエタノール36万kL)
- (石油連盟ホームページ <http://www.paj.gr.jp/eco/biogasoline/index.html>)

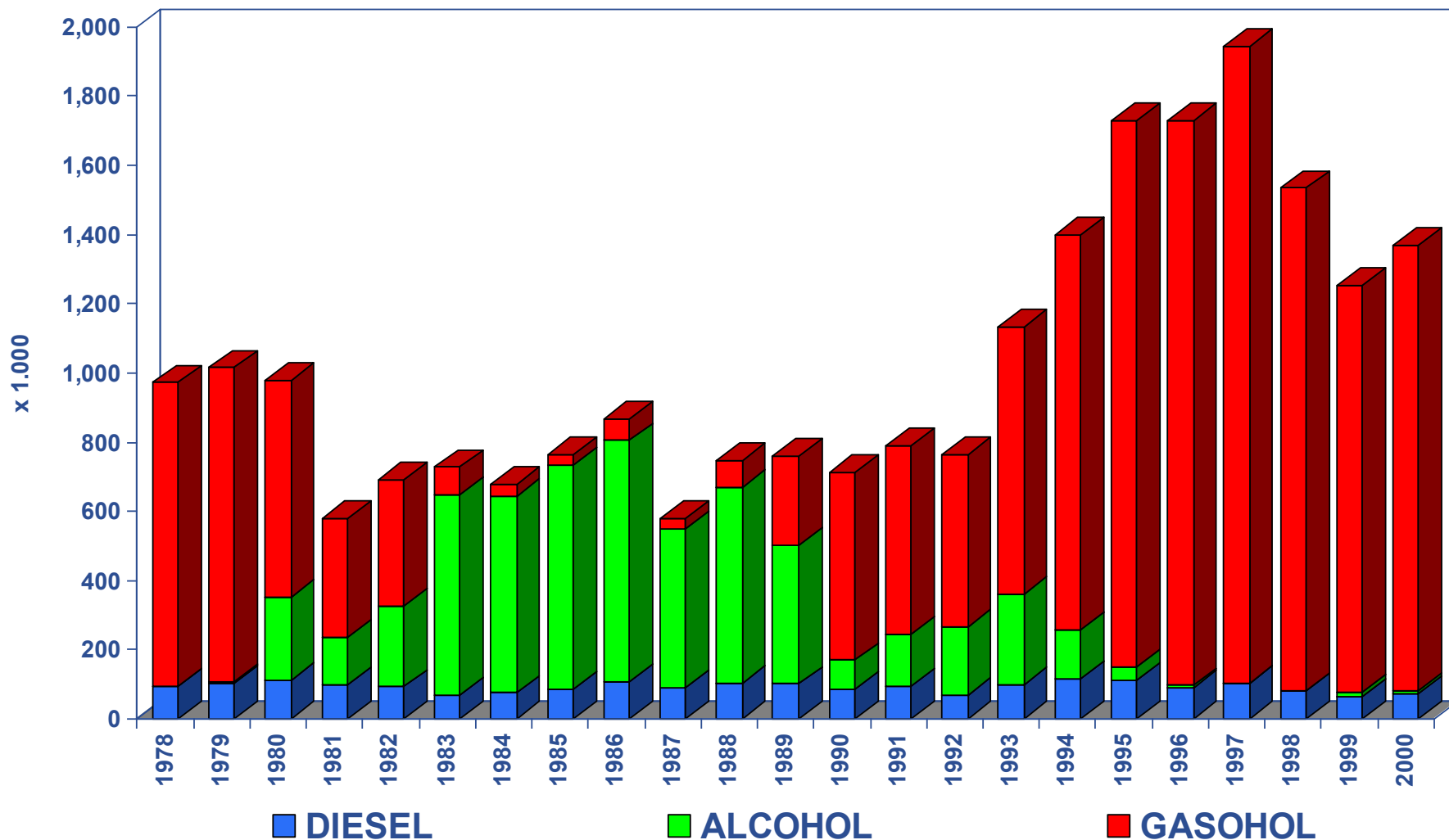
海外のバイオエタノール利用計画

- 米国
 - 2005年のエネルギー政策法
 - 2012年までに生物資源由来の燃料の使用量を75億ガロン(約0.28億kl)まで増やす
 - コネチカット州やミネソタ州でE10の販売が義務付け
- ブラジル
 - サトウキビ栽培が盛ん→バイオマスエタノールが国内で供給可能
 - 1970年代、石油ショック：プロアルコール政策(1975年 -)
 - 一時は国内で走行する自動車のほとんどが純粋エタノール燃料
 - 1990年代、原油価格低迷：
 - 同時期にエタノール供給混乱
 - 純粋ガソリン燃料を利用する自動車主流
 - 2000年代、原油価格再上昇：
 - エタノールの自動車燃料への混合が義務付け
 - 様々なエタノールとガソリンとの混合比率に対応可能なflexible-fuel vehiclesが人気
 - エタノール供給が増加する需要に追いつかない→エタノールの混合義務：25%から20%に引き下げ

バイオエタノールの自動車燃料への添加

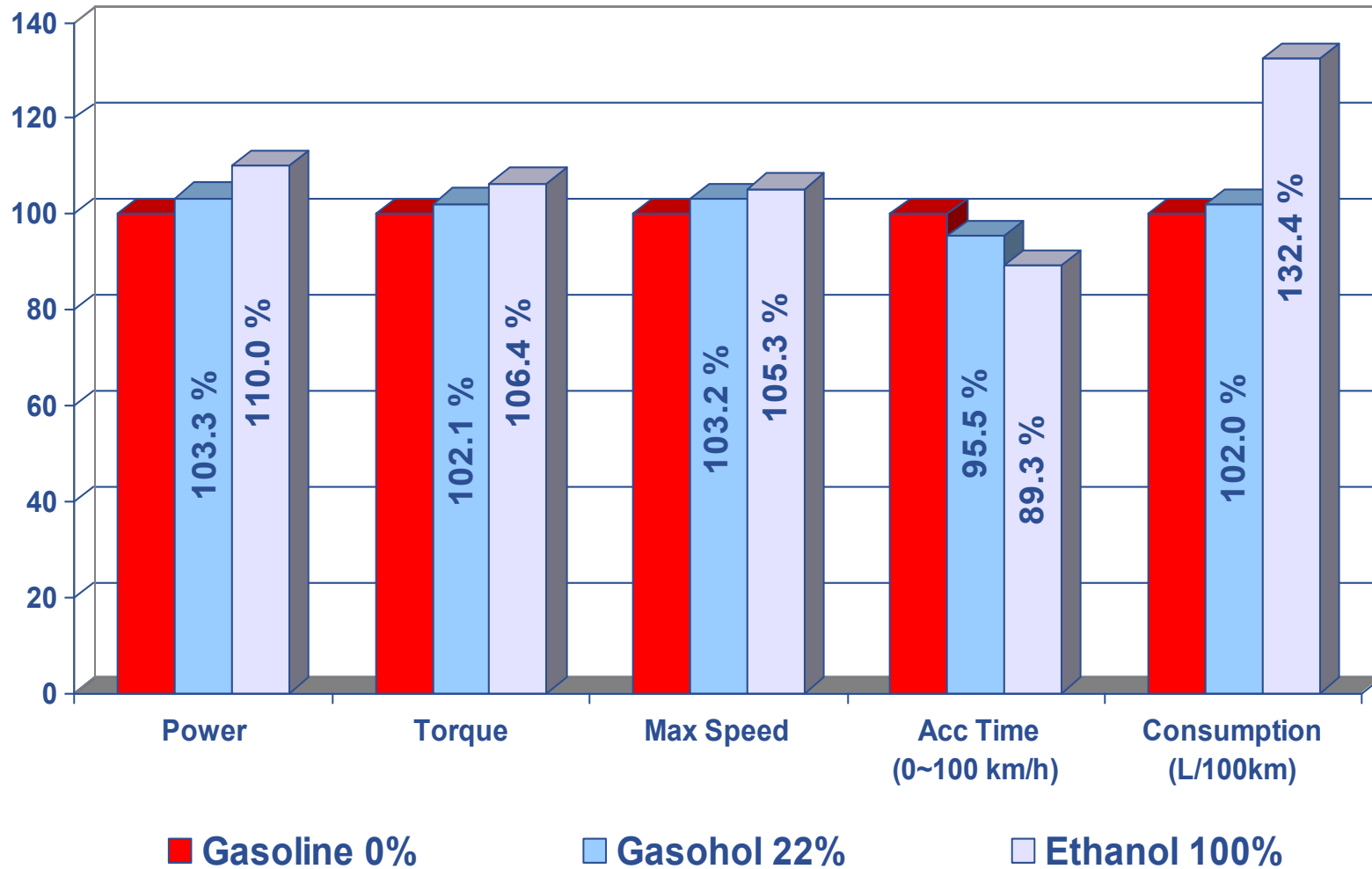


ブラジルにおける 燃料種別に見た自動車市場



by Henry Joseph Jr., Brazilian Automobile Manufacturers Association (2001)

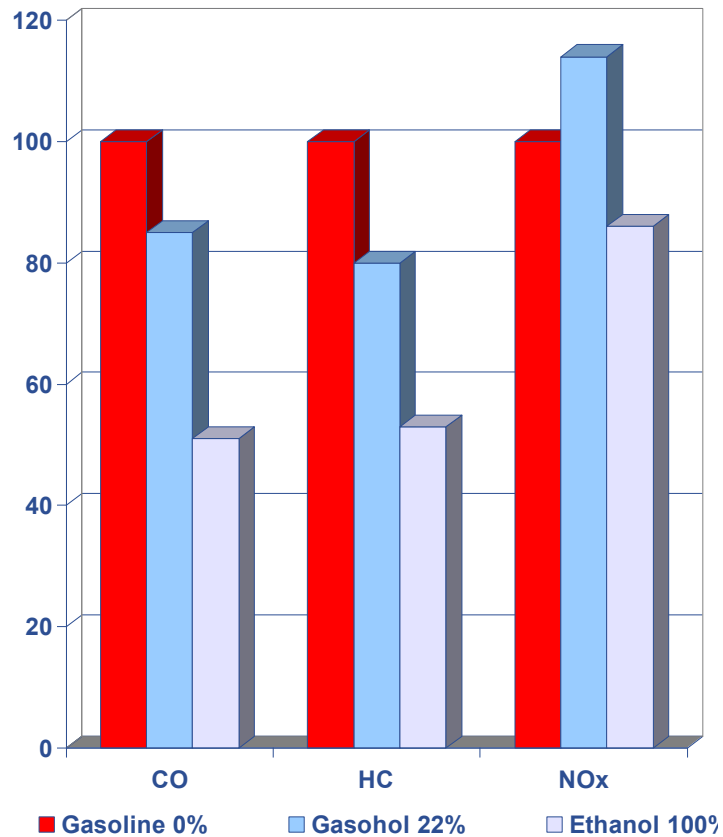
燃料種別に見たエンジン効率



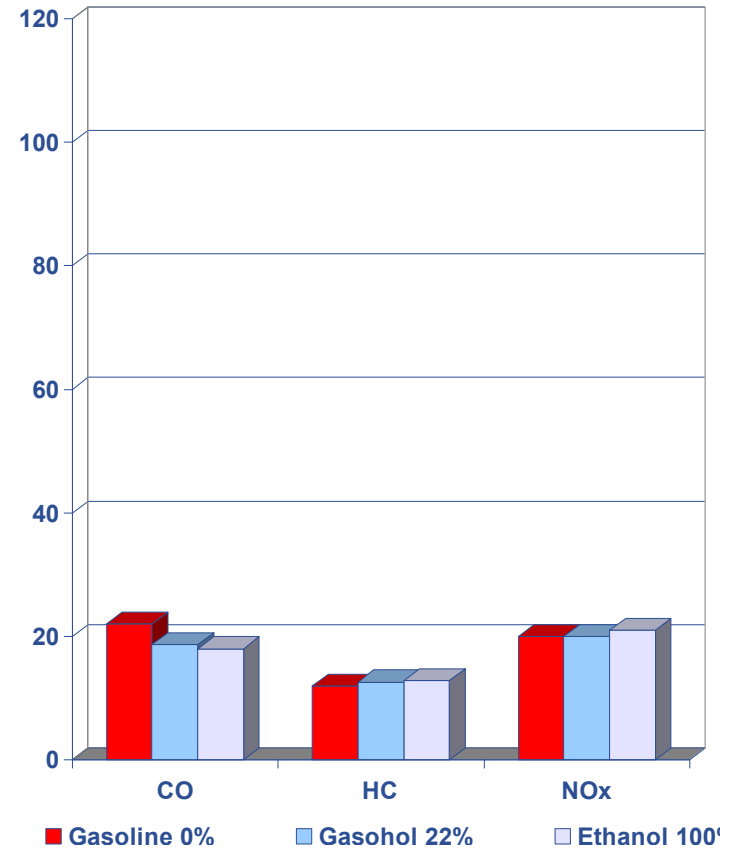
Source: Volkswagen

燃料種別に見た排ガスの比較

Before Catalyst Converter

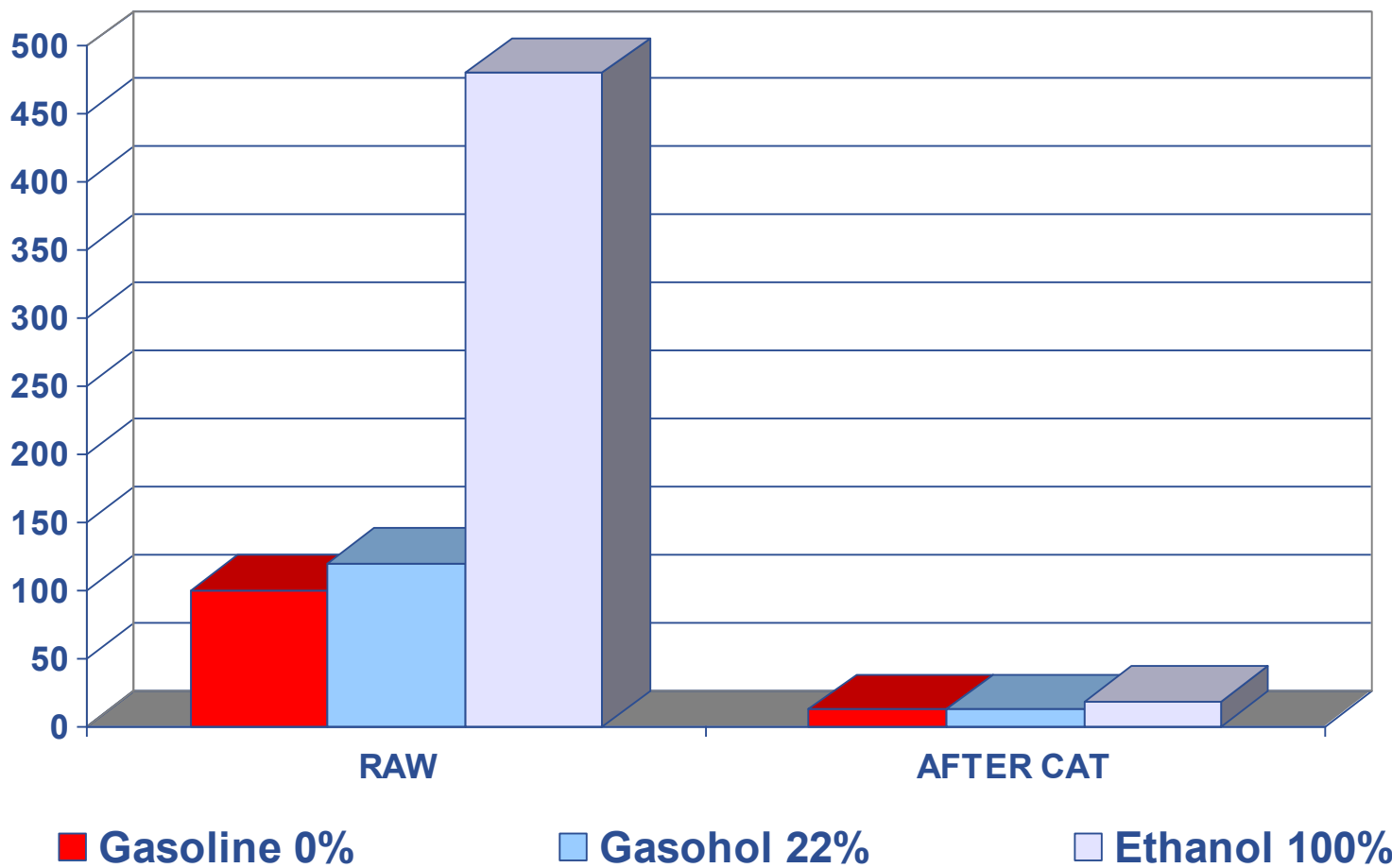


After Catalyst Converter



Source: Volkswagen

燃料種別に見たアルデヒド排出量



Source: Volkswagen

表3.2.5-1 米国におけるバイオマスからの燃料エタノール生産プロジェクト^{2,3)}

企業/プロジェクト名・生産地	生産開始時期	加水分解法	原料	エタノール生産量	備考
BCI Jennings, LA	2001	2段階 希硫酸	バガス	76,000kL/ 年	アルコール発酵には組替大腸菌使用
Masada Middletown, NY	2001	濃硫酸	固形都市 ゴミ MSW	38,000kL/ 年	原料供給と建設予定地契約済み
Arkenol Sacramento, CA	2001	濃硫酸	イナワラ	46,000kL/ 年	イナワラからシリカも製造
BCI/Gridley LLC Gridley, CA	2002	酵素	イナワラ 林産廃棄物	76,000kL/ 年	Ogden Pacific Power POPI バイオマス発電所に併設予定
Sealaska Southeast Alaska	2003	未定	針葉樹 廃棄物	23,000- 30,000kL/ 年	-
BCI/Collins Pine Chester, CA	2003	酵素	針葉樹 廃棄物	77,000kL/ 年	Collins Pine 社バイオマス発電所(12 MW)に併設予定

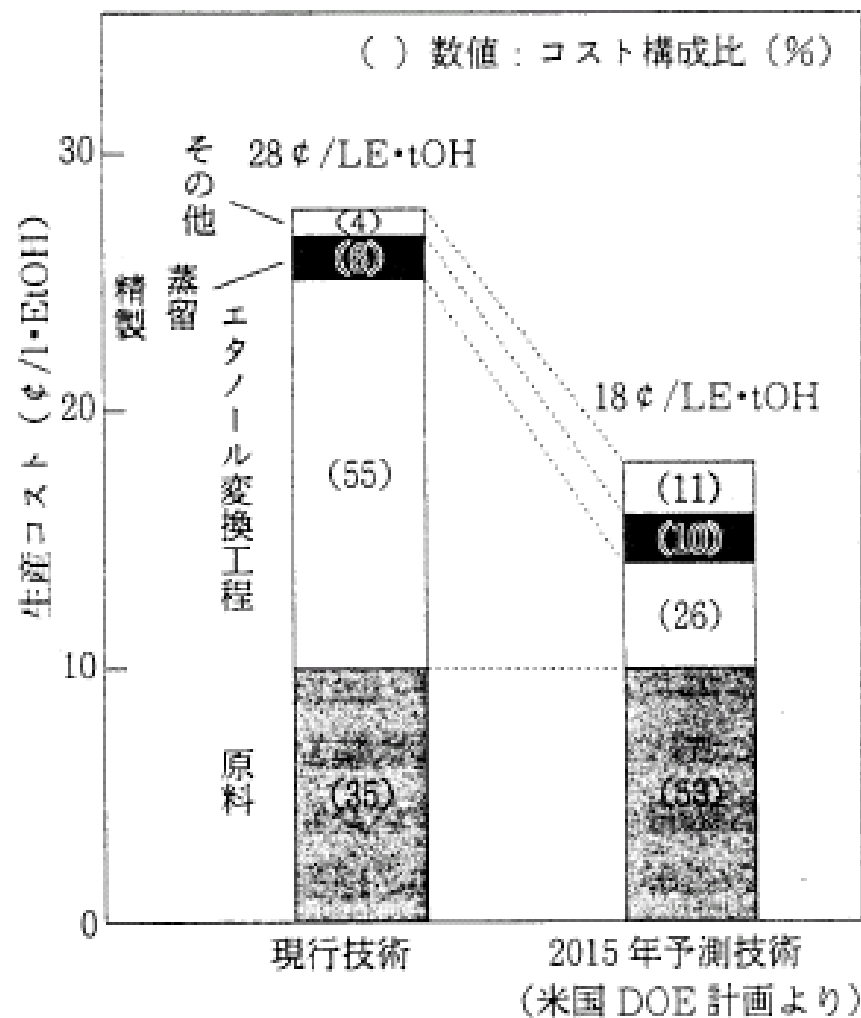
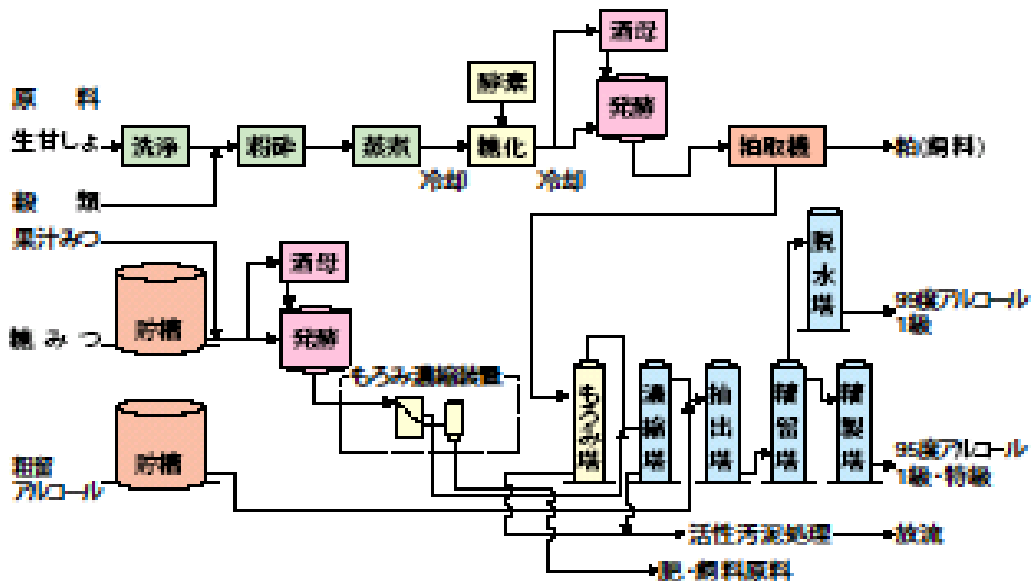
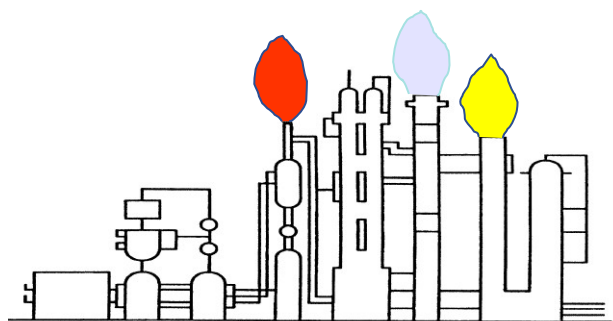


図 1.4-9 米国 DOE によるエタノール生産コストの予測¹⁾



エチルアルコール(発酵法)製造工程概図



反応
醗酵

分離・精製(蒸留)
蒸留(分離・精製)



アルコール蒸留プラント(鹿児島県・出水工場)

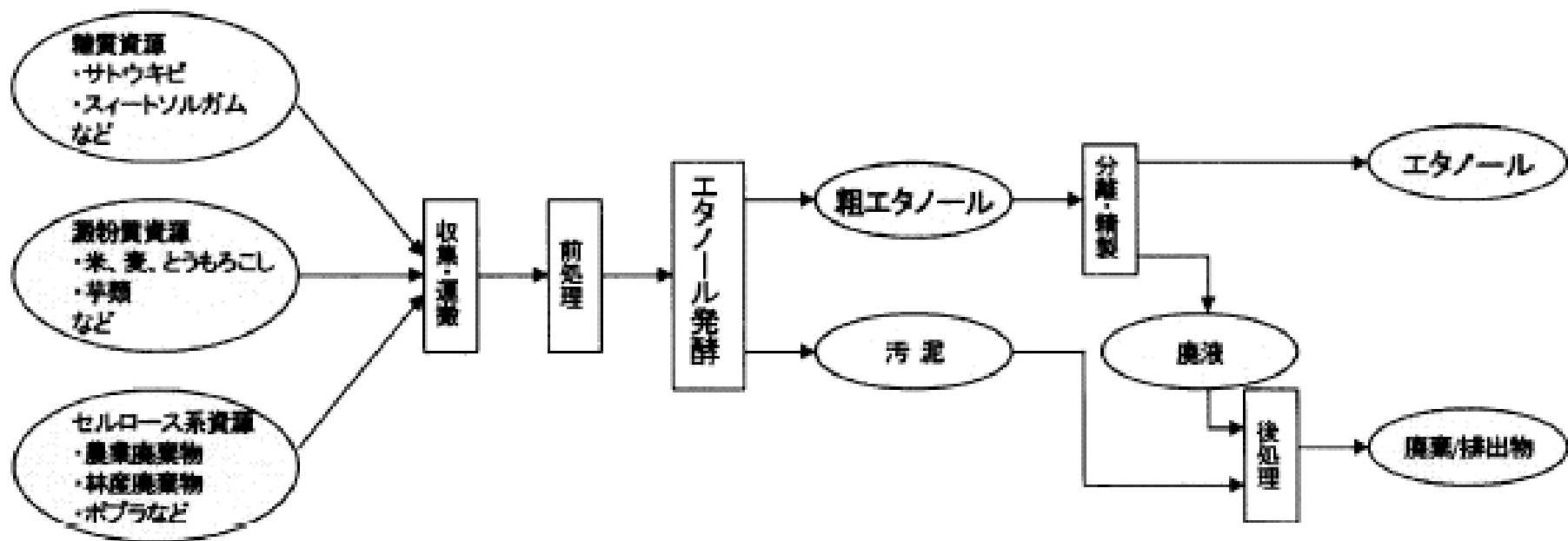


表3.2.4-5 酸加水分解法による木材からのエタノール生産コスト

作業工程	運用コスト	設備コスト	コスト合計
木材燃料	10.0	0.0	10.0
加水分解および発酵	15.0	9.0	24.0
蒸留	4.5	1.0	5.5
後処理	0.5	0.0	0.5
生産コスト	30.0	10.0	40.0
コンポスト売却益			-4.0
トータルコスト			36.0

(単位：セント/リットル)

表1.4-11 酸加水分解法による木材からのエタノール生産コスト(¢/㍓)⁴⁾

作業工程	酸加水分解法			酵素法		
	運用	設備	合計	運用	設備	合計
木材燃料	10.0	0.0	10.0	7.1	0.0	7.1
前処理				4.0	1.8	5.8
セルロース生成				5.8	4.0	9.8
加水分解および発酵	15.0	9.0	24.0	8.5	5.3	13.8
蒸留	4.5	1.0	5.5	4.7	0.7	5.4
後処理	0.5	0.0	0.5	1.1	0.0	1.1
生産コスト	30.0	10.0	40.0	31.2	11.8	43.0
コンポスト売却益			-4.0			-2.0
トータルコスト			36.0			41.0

蒸留法

■ 特 長

成熟技術

普遍性, 信頼性が大きい

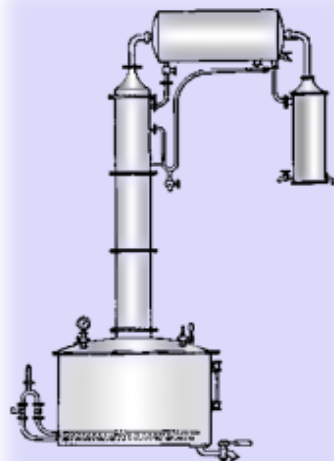
低設備費, スケールメリット大

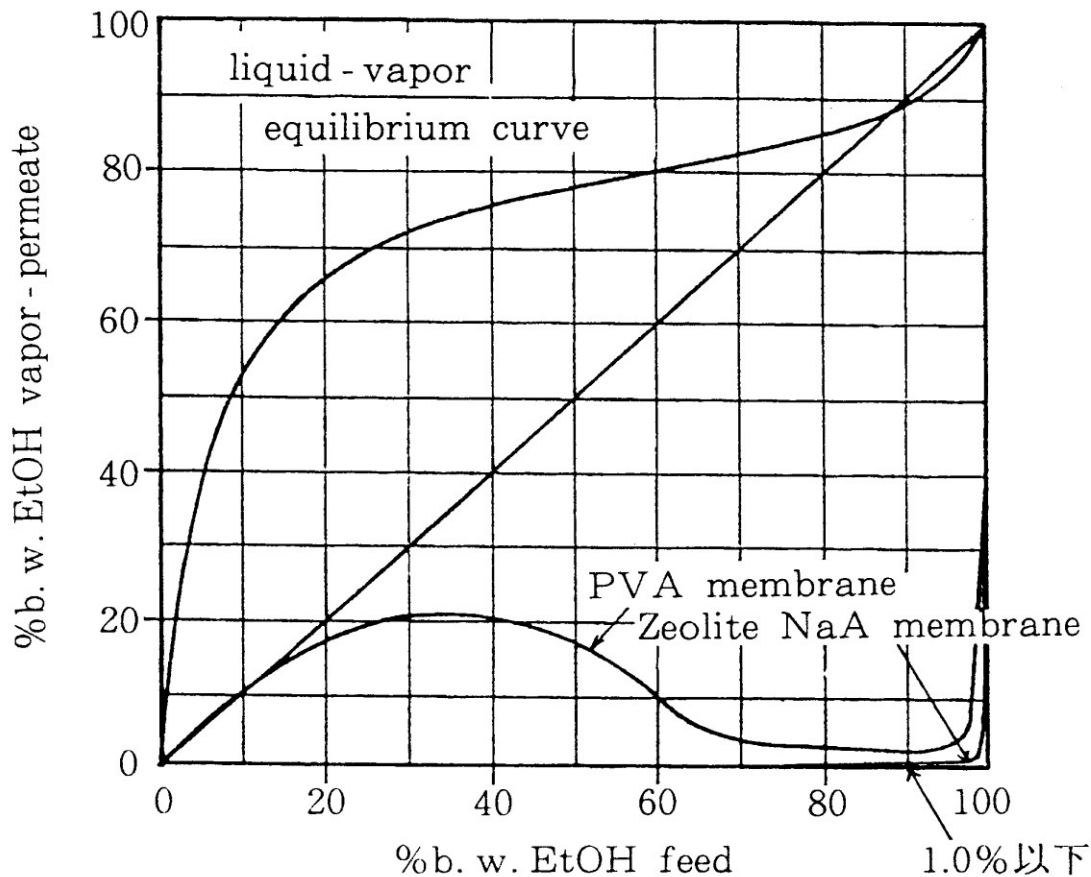
■ 問題点

エネルギー多消費

共沸・近沸点混合物の分離

熱安定性が必要





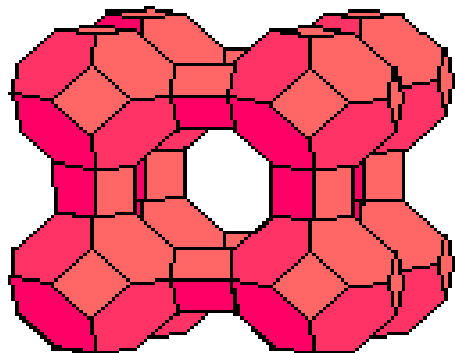
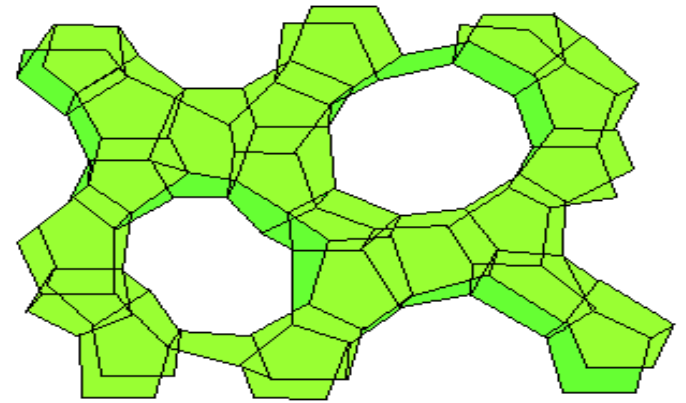
共沸混合物

	wt%
water/ethanol	4.4/95.6
water/n-propanol	28.2/71.8
water/i-propanol	12.2/87.8
water/MEK	12.0/88.0
methanol/toluene	72.4/27.6
ethanol/hexane	21.0/79.0
benzene/cyclohexane	55.0/45.0

山口大学と三井造船の共同研究で実用化したゼオライトA膜と従来の高分子膜および蒸留法との分離性能の比較

エタノール選択透過膜
希薄な発酵エタノールの濃縮

→ 疎水性シリカライト膜



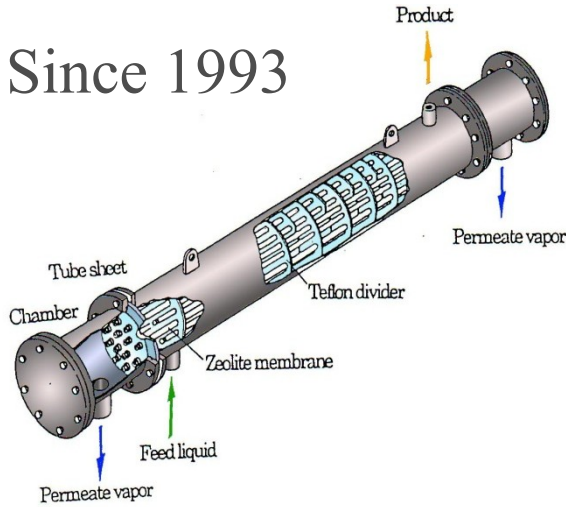
水選択透過膜
無水エタノールへの脱水



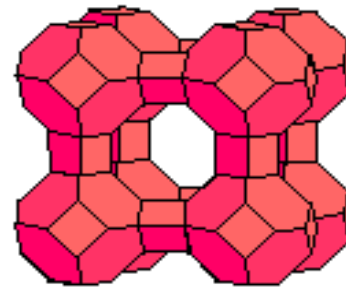
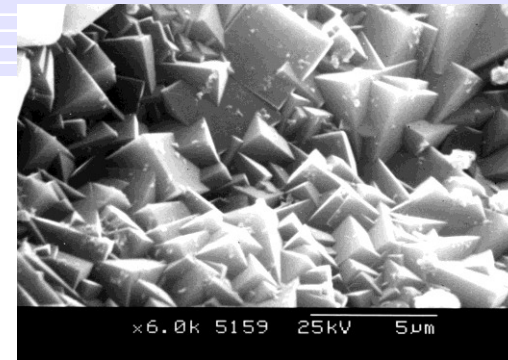
親水性A型またはT型ゼオライト膜

LTA zeolite membrane

Since 1993

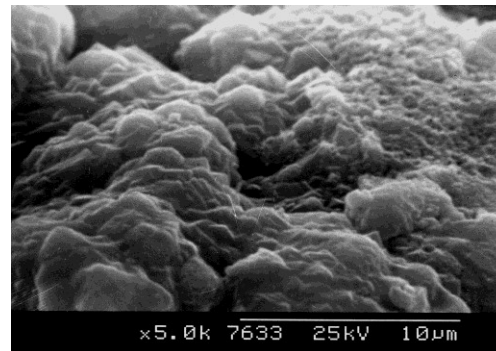
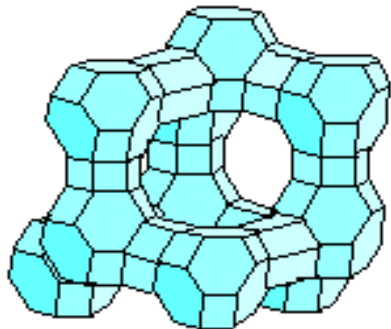


Schematic view of the tubular-type pervaporation module



FAU zeolite membrane

Since 1995



Si source

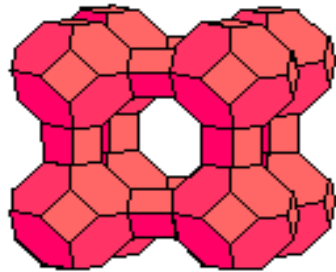
Al source
+ NaOH

Seeded
support

Hydrothermal
Synthesis

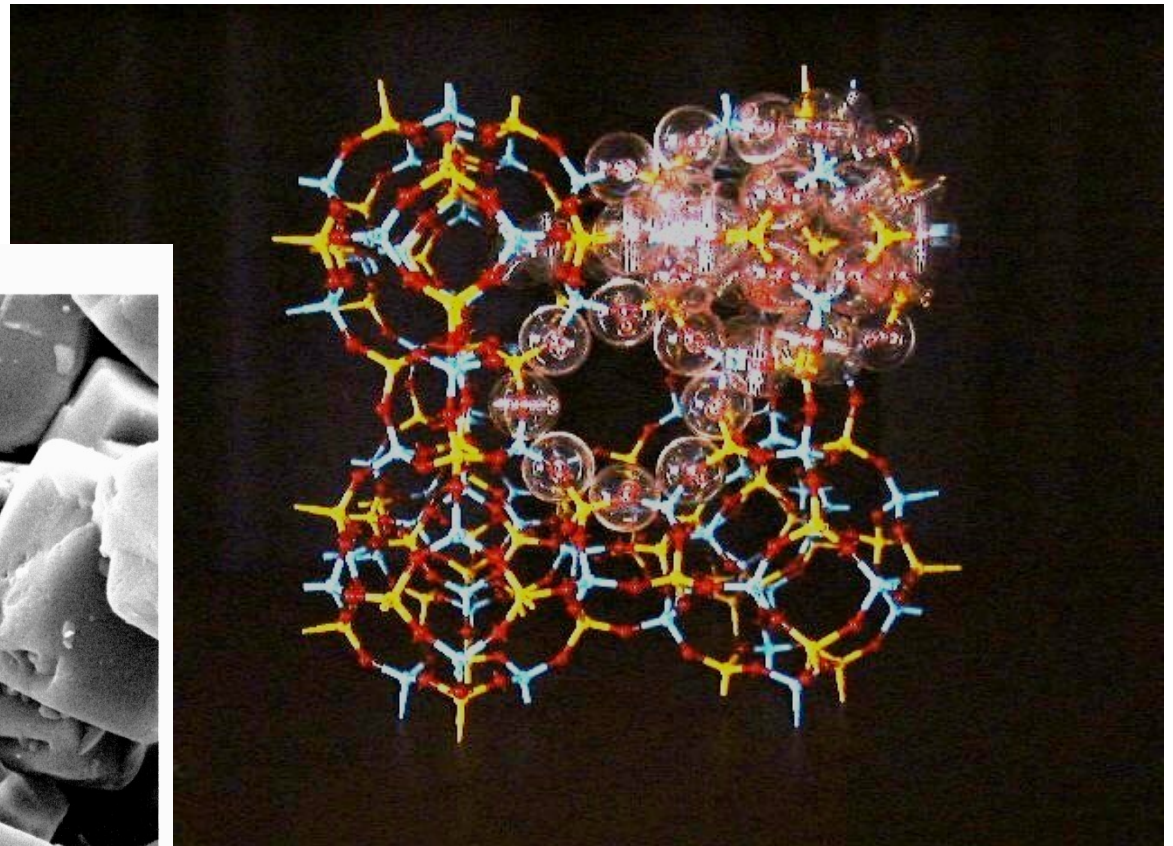
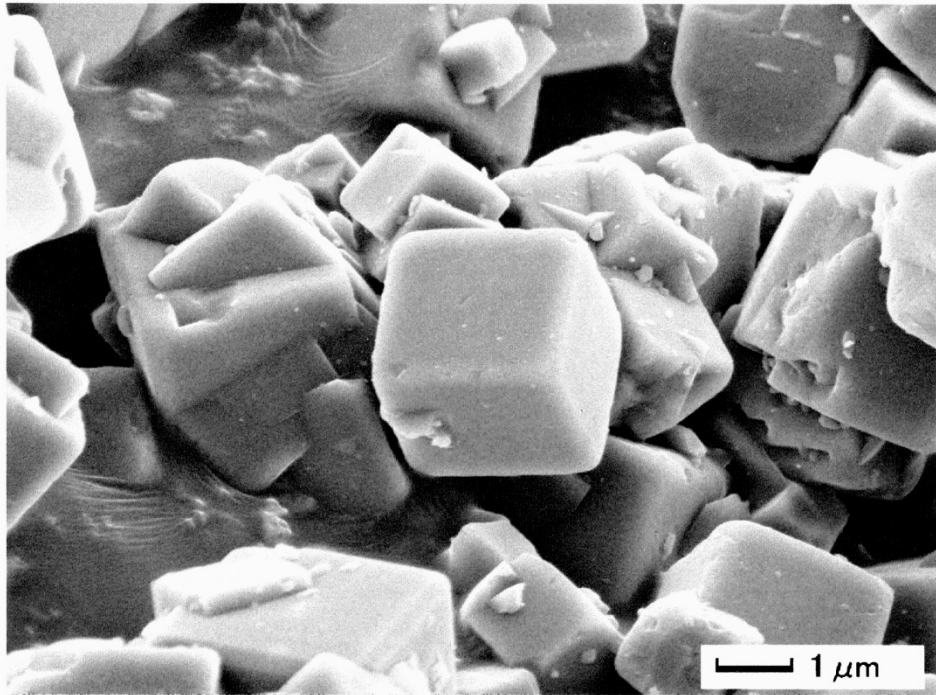
Zeolite Membrane

LTA (NaA)



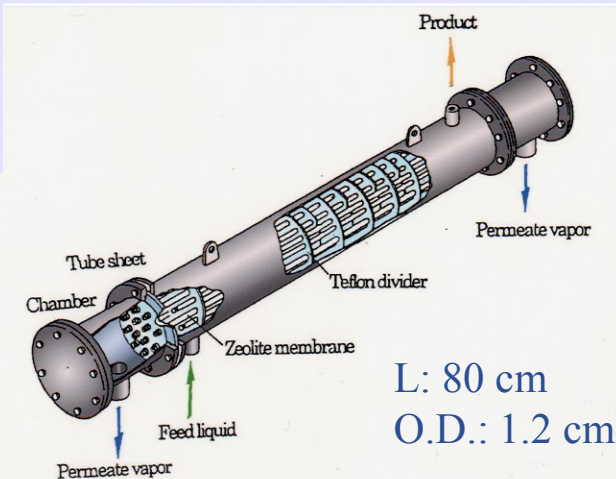
Pore diameter = 4.0 Å
Si / Al = 1.0

A Seed 10K 182

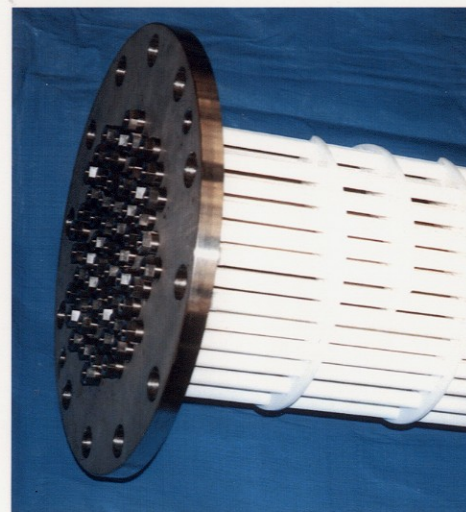
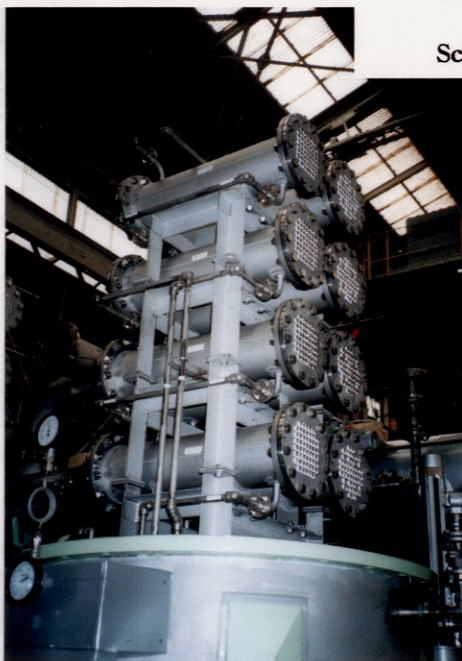
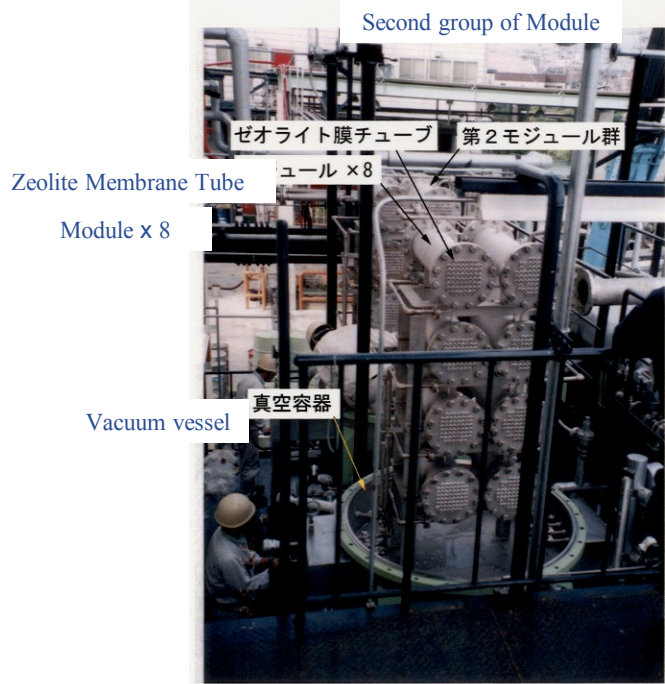


有機溶剤脱水用ゼオライト膜モジュール (現在すでに80台以上の実績がある)

Ex. 16 modules, 60 m²
Dehydration of EtOH, 90 99.8 wt%,
600 L/h at 120°C, 6 kg/cm²



Schematic view of the tubular-type pervaporation module



125 tubes, 3.75 m²

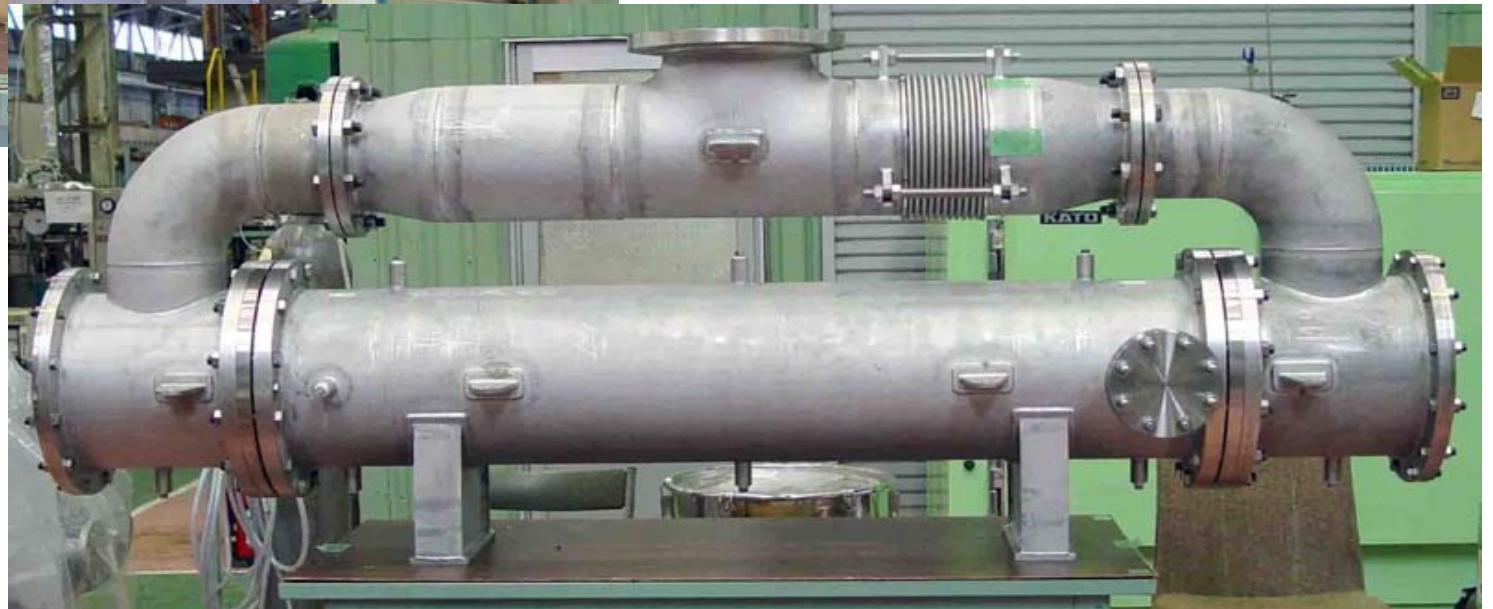
エタノール脱水に要するコスト

エタノール脱水(94wt% → 99.8wt%, 95 °C, 30000 kl/年)
に要するコスト(日本アルコール協会の試算)

	共沸蒸留	浸透気化分離
蒸気 (¥3000/ton)	¥5100/kl	¥ 312/kl
冷却水 (¥ 10/ton)	¥ 714/kl	¥ 235/kl
電力 (¥ 20/kWH)	¥ 300/kl	¥ 624/kl
膜交換	-	¥1300/kl (PVA, 3-year life)

バイオマスエタノール用 ゼオライト膜モジュール

VP module for producing absolute
Ethanol from biomass ethanol
(550 NaA membrane tubes)
See Proc. ICIM8, p599.



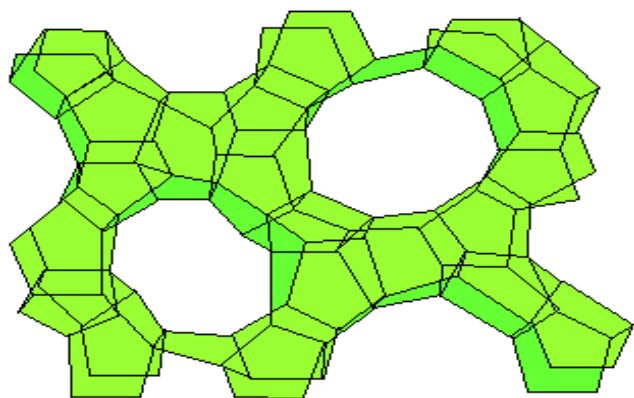
バイオマスエタノール用ゼオライト膜プラント（リトアニア2004）



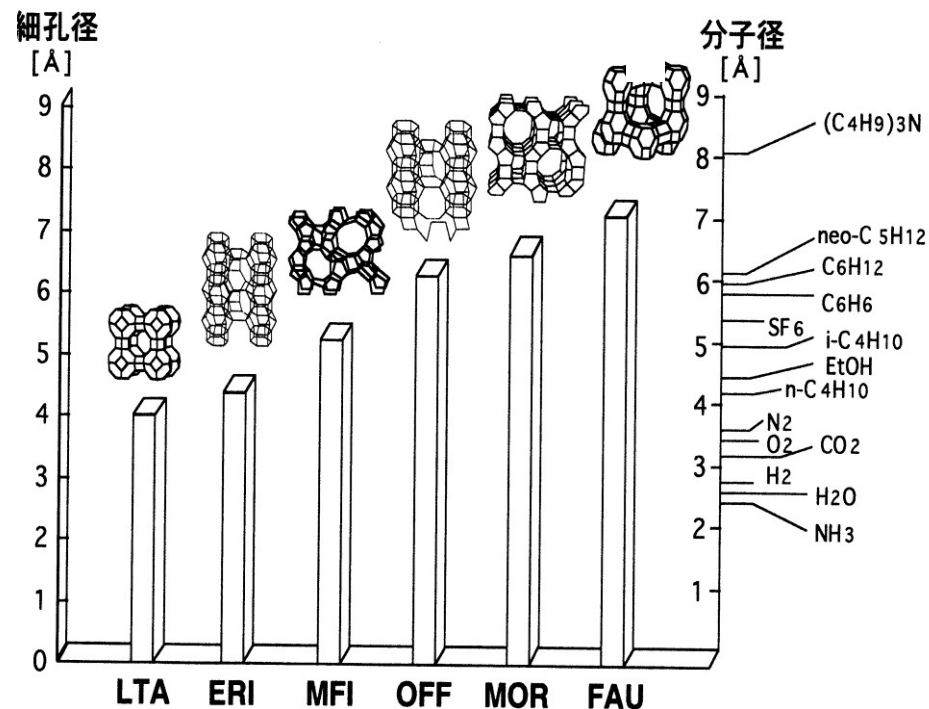
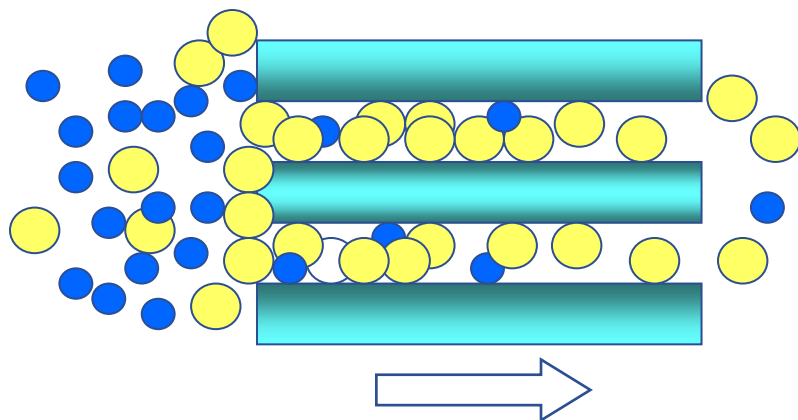
Beverage alcoholic manufacturing Plant in Europe
(1250kg/h of ethanol)

エタノール選択透過膜

課題：膜モジュール化
合成時間短縮



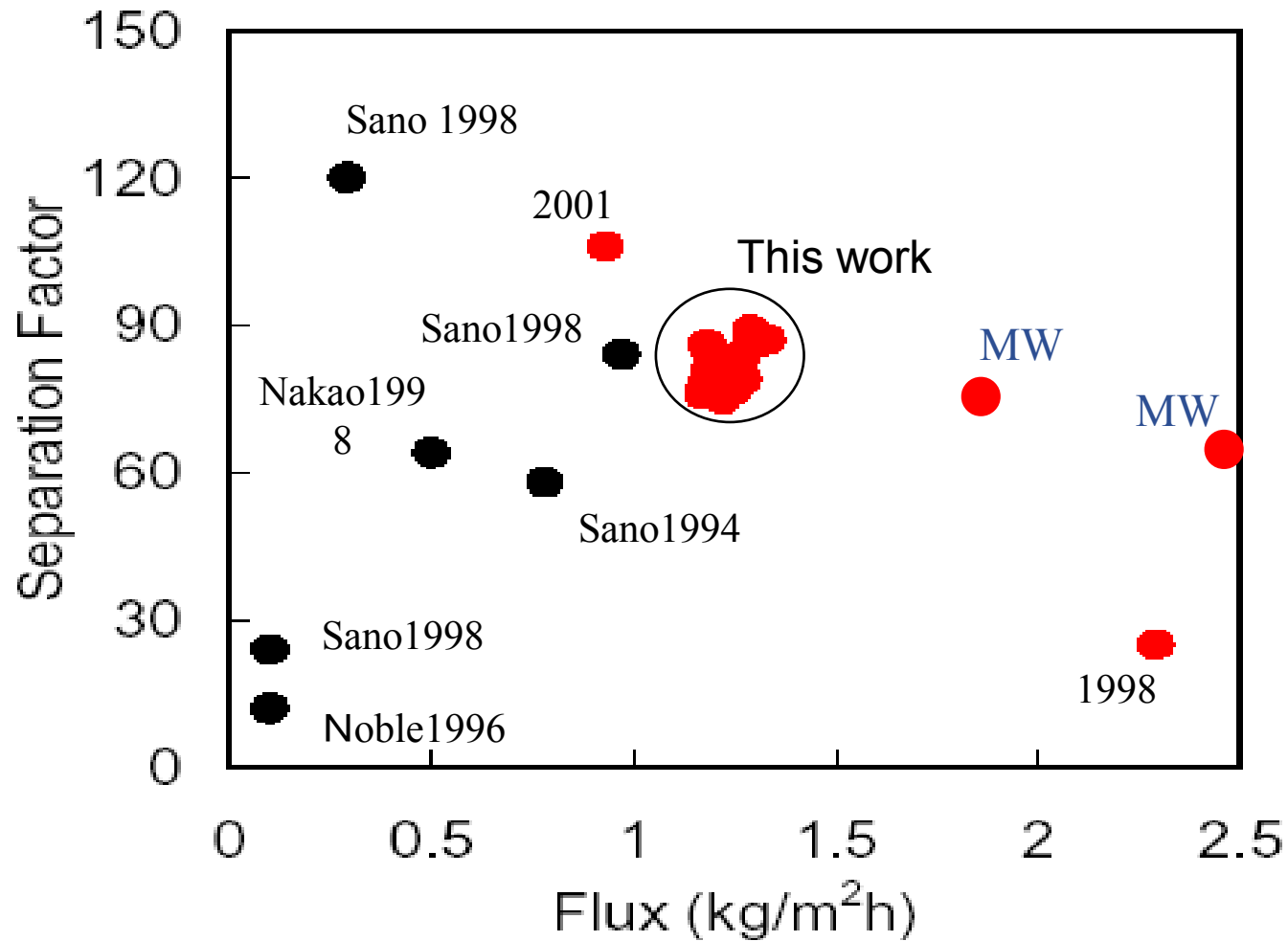
疎水性シリカライト膜



● H₂O (0.265nm)

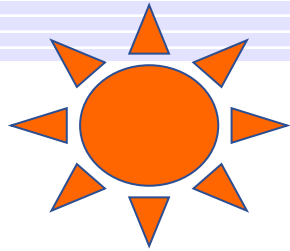
● EtOH(0.446nm)

エタノール水溶液 (4-10 wt%) に対する シリカライト膜の分離性能



赤丸が山口大学の成果

クリーンエネルギーサイクル



CO₂

光合成



バイオマス

発酵



5-10% EtOH / H₂O



Power Plant



Automobiles

バイオエタノール (Biofuel)

99.5% up EtOH

ゼオライト膜を用いた膜分離
(Nanospace Technology)

>50%

エネルギー効率の改善

蒸留法
(従来技術)



4-3. 環境関連企業（バイオマスエネルギー利用分野）

バイオマスのエネルギー利用に取り組む企業

■：燃料の製造（ペレット、RPF、RDF、BDF等）

■：発電・熱利用の実施

(2) 島根県

⑥	アースサポート㈱	松江市	機密文書リサイクルRPF製造等総合リサイクル
⑦	ライト工業㈱	出雲市	間伐材からの生成ガス発電の実証試験
⑧	尚寺本建設	邑南町	廃食油からバイオディーゼル燃料製造

(5) 山口県

⑫	日本製紙㈱岩国工場	岩国市	バー、RPFのボイラー燃料利用、発電
⑬	㈱岩国ウッドパワー	岩国市	廃木材を燃料とした発電
⑭	山口県森林組合連合会	岩国市	間伐材・廃材をペレット化
⑮	㈱鹿野ファーム	周南市	豚のふん尿を用いたバイオマス発電
⑯	中外炉工業㈱	山口市	間伐材からガス化発電等実証試験
⑰	宇部興産㈱	宇部市	廃棄物のセメント原料燃料利用
⑱	中国電力㈱下関発電所	下関市	木質バイオマス混焼発電の実証試験
⑲	やまぐち県酪乳業㈱	下関市	廃乳製品のメタン発酵実用化試験



(1) 鳥取県

①	㈱ダイフィット	倉吉市	集じんから投入まで行う木くずペレット
②	尚山水園	大山町	糞尿ふん尿の発酵によるエネルギー利用
③	王子製紙㈱米子工場	米子市	RPFの発電燃料への利用
④	鳥取県リサイクル協同組合	米子市	木くず、古紙等からRPFの製造
⑤	三光㈱	境港市	廃棄物からRPF製造、発電

(4) 広島県

⑩	福山リサイクル発電㈱	福山市	RDFを用いた高効率発電
⑪	㈱オガワエコノス	府中市	廃プラ、木くず、古紙からRPFの製造
⑫	帝人テクノプロダクツ㈱三原製造所	三原市	木質バイオマス、RPF等の燃料利用
⑬	㈱クリエイティブ	東広島市	廃プラ、古紙（機密書類等）等からRPF製造
⑭	中国木材㈱	呉市	木くずを燃料としたバイオマス発電
⑮	㈱フロンティアジャパン	広島市	動植物性廃油からディーゼル燃料製造
⑯	笠原産業㈱	庄原市	林地・製材残材からペレット燃料の製造

(3) 岡山県

⑩	㈱西日本テクノ	和気町	廃食油からバイオディーゼル燃料製造
⑪	西日本アチューマートクリーン	岡山市	紙・木・廃プラ等からRPFの製造
⑫	㈱日本リサイクルマネジメント倉敷事業所	倉敷市	有機系廃棄物から高品位炭の製造
⑬	㈱クラレ倉敷事業所	倉敷市	建設廃材の発電燃料への利用
⑭	㈱総社技術コンサルト	総社市	廃食油からBDF精製
⑮	㈱オガワエコノス岡山工場	舘岡町	廃プラ、木くず、古紙からRPFの製造
⑯	貞庭バイオエネルギー㈱	貞庭市	おがくすからペレットの製造
⑰	銘建工業㈱	貞庭市	製材工場残材の燃料化、発電利用
⑱	三井造船㈱	貞庭市	木くすからエタノールの製造

バイオマスの導入，研究開発等に関する補助の例(1)

名称	対象者	制度概要	窓口
バイオマスエネルギー転換要素技術開発	民間企業， 大学 公的研究機関	2010年の新エネルギー導入目標の達成に寄与する，2010年頃に実用化が見込まれ、かつ波及効果の大きい要素技術(バイオマス熱利用・バイオマス発電に係わる技術)を開発。委託先に事業費の一部をNEDOが共同研究という形で負担。	NEDO技術開発機構 新エネルギー技術開発部
広域連携等バイオマス利活用推進事業	消費生活(事業)協同組合， NPO法人， 食品事業者 食品廃棄物リサイクル事業者	食品事業者等が都道府県の行政界を越えて行う，広域的な食品廃棄物等バイオマスの効果的，効率的な利活用推進への取組みを支援する。	中国四国農政局企画調整室

バイオマスの導入, 研究開発等に関する 補助の例(2)

名称	対象者	制度概要	窓口
地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業	民間企業等	NEDOとの共同研究として、実証価値のあるバイオマスエネルギー利用システムを各地域において熱需要先に適した利用形態・規模で設置し、実証運転を通してバイオマスの運搬・収集、エネルギー変換、エネルギー利用に係わるデータを収集、蓄積、分析、評価しその情報を広く公表する。	NEDO技術開発機構 新エネルギー技術開発部

丸紅、中部電力と共同で55kWスターリングエンジンの評価試験運転を開始(1)

- 中部電力株式会社は平成17年度末にはスターリングエンジンを用いた木質バイオマス小型発電システムの試験を開始する予定
- このシステムが実用化されれば、木質バイオマスを利用した小規模分散電源として、地球温暖化の原因となるCO₂の発生抑制に大きく貢献できる
- なお、評価試験を行うSTMパワー社のスターリングエンジンについて、同社が注目した主な特徴は次のとおり

丸紅、中部電力と共同で55kWスターリングエンジンの評価試験運転を開始(2)

- **バイオマスを燃料として利用可能**
 - 間伐材や農業廃棄物などのバイオマスを燃料とする小規模分散電源の可能性を拓く
 - 外燃機関であるため燃料のガス化の必要がなく、木質系バイオマスなどの燃焼排熱を直接利用可能
- **コンパクトで環境性に優れる**
 - 作動流体に高圧水素を用いることで、コンパクトで高効率を達成
 - 低騒音、低振動、低NO_xなど環境性に優れる
- **出力は50kW級**
 - 小規模熱源・排熱でも、分散型電源として発電が可能
 - 2005年9月20日プレスリリース