



2006.03.22  
 全国木材資源リサイクル協会講演会

## 木質系バイオマスのエネルギー変換技術開発の現状と課題



- ❖ 独立行政法人産業技術総合研究所
- ❖ バイオマス研究センター
- ❖ 小木知子・中西正和



## バイオマスエネルギーの位置付け

**バイオマスとは**

化石資源を除く動植物に由来する有機物であり、エネルギー源として利用可能なもの。

**エネルギーとしての意義は**

バイオマスは「**カーボン・ニュートラル**」( )な**再生可能エネルギー**であり、化石燃料を代替することにより温室効果ガスの削減に寄与する。

バイオマス資源を燃焼させると、含有する炭素分から二酸化炭素が排出されるが、それらは植物が成長の過程で光合成により固定した二酸化炭素に由来するため、ライフサイクル全体では大気中の二酸化炭素の総量に影響を与えない、という考え方及びその性質。

### バイオマス・エネルギーの特徴

**バイオマスとは・・・**

- 2002年1月25日付け「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法施行令」の一部政令改正により初めて定義付け
- ‘動植物に由来する有機物であって エネルギー源として利用することができるもの（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれから製造される製品を除く）第四号、十一号において‘バイオマス’という。)**  
 具体的には・・・ 木材、作物、農林廃棄物、有機性工業廃棄物、都市ゴミ、下水汚泥等

**再生可能 (Renewable)**  
 太陽と水により再生される唯一の有機資源


**莫大な賦存量 (Abundant)**  
 地球上での植物性バイオマスによる炭素の年間純生産量  
 = 25x10(11) GJ (世界の消費エネルギーの約7-8倍に相当) 実際の使用可能量 10%程度？

**カーボン・ニュートラル (Carbon neutral)**  
 バイオマスは再生時に大気中のCO2を吸収・固定

**貯蔵性、代替性 (Storable and substitutive)**  
 新エネルギー (太陽、地熱、風力) は電気エネルギーに変換、  
 バイオマスは炭素系で、液体、ガス燃料として貯蔵でき、石油代替が可能

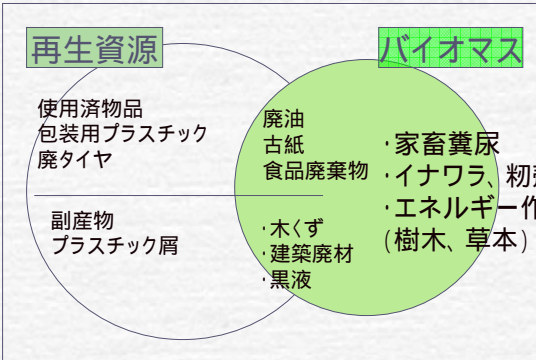
- 不利点; 単位面積当たりの発熱量、生産量が低い
- エネルギー以外の用途と競合する

### 新エネ法におけるバイオマスの位置づけ



**バイオマスと再生資源**

H14年1月政令改正  
 従来再生資源の中に一部  
 入れられていたバイオマスは  
 独立した新エネルギー源  
 として認知  
 これまでの再生資源の  
 エネルギー利用は  
 廃棄物発電と廃棄物熱利用



**新エネルギーとは:**  
 (法律) ・石油代替エネルギーの製造、発生、利用であること  
 ・経済性の面での制約から普及が十分でないもの  
 ・促進を図ることが特に必要なものとして政令で定めるもの  
 (政令) ・太陽光発電、風力発電、燃料電池、廃棄物発電、廃棄物熱利用、バイオマス  
 発電などを指定

### 新エネルギーの2030年度導入目標

新エネルギーについて、コストダウンや技術進歩の加速化が実現するとともに、その導入に対して社会全体が積極的に取り組むことで、大幅な新エネルギーの進展が実現。

原油換算万kl	2010年度	2030年度	考え方
レファレンスケース	899	1,902	現行から新規施策を追加しないケース。太陽熱利用は減少するものの、2010年度以降、RPS法が継続され、太陽光発電が増加することにより、新エネルギー全体では、2030年度までに前回の2010年度新エネルギー導入目標量程度までは導入が進むと想定。
新エネ進展ケース	1,910	3,946	「新エネルギー部会報告書」(2001年6月)で決定された「目標ケース」において合意されている新規施策を追加するとともに、2010年度以降も太陽光発電のコストダウンと急速な普及が継続し、RPS法の効果と相まって2030年度には、現在の2010年度の導入目標量の約2倍程度の新エネルギーが導入され、一次供給に占める再生可能エネルギー・新エネルギーのシェアが約10%となると想定。

原油換算・万kl

太陽光発電	風力発電	廃棄物発電	バイオマス発電	太陽熱利用	未利用エネルギー(雪氷冷熱を含む)及び廃棄物熱利用	バイオマス熱利用	黒液・廃材等	合計
2,024	269	374	120	112	87	423	537	3,946

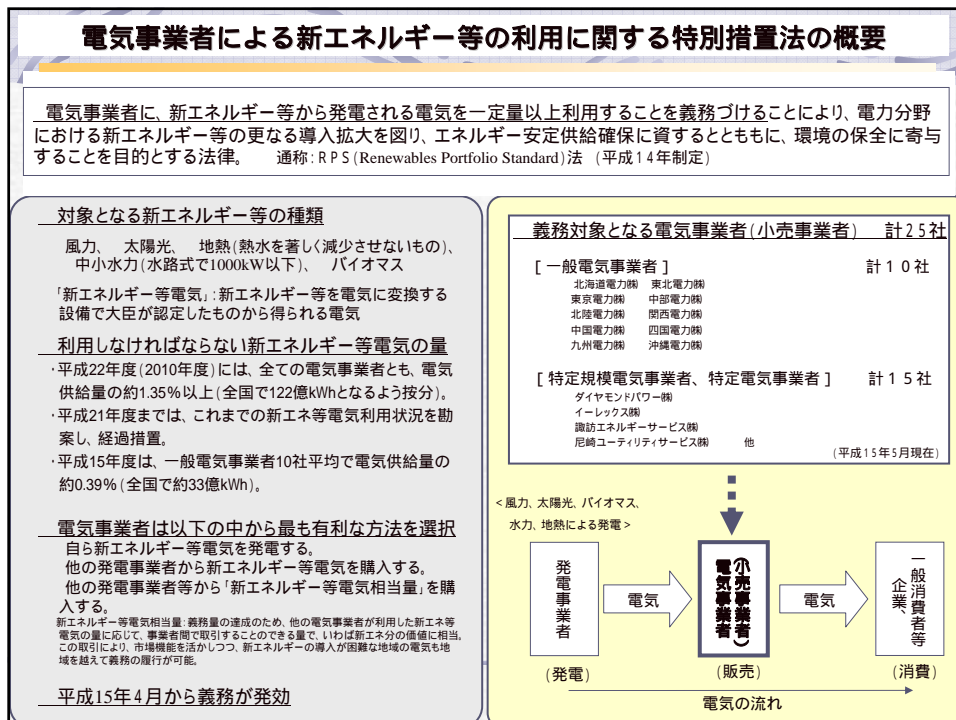
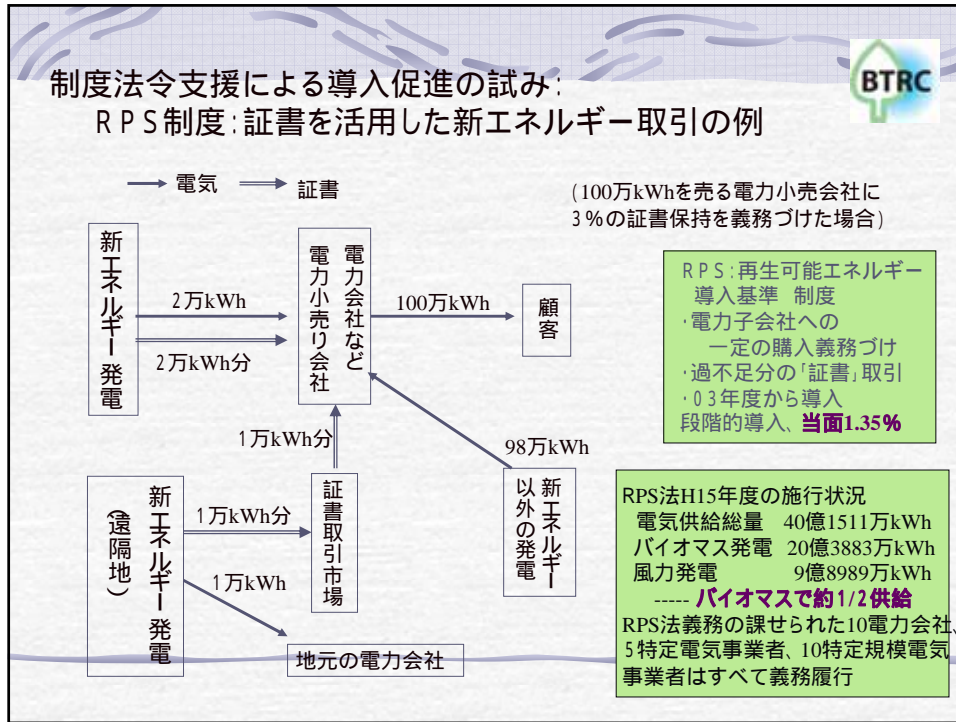
注：各項目毎の導入可能量については、一定の前提のもとに試算したもの。  
黒液・廃材の導入量については、エネルギーモデルにおける紙パの生産水準に鑑み、設定を行った。



### 新エネルギー導入量の見通し (出展：「2030年のエネルギー需給展望」(2005年3月))

		2002年度	2010年度目標
発電分野	太陽光発電	15.6 万 kl	118 万 kl
	風力発電	18.9 万 kl	134 万 kl
	<b>廃棄物発電+</b> <b>バイオマス発電</b>	<b>174.6 万 kl</b>	<b>586 万 kl</b>
熱利用分野	太陽熱利用	74 万 kl	90 万 kl
	<b>廃棄物熱利用</b>	<b>164 万 kl</b>	<b>186 万 kl</b>
	<b>バイオマス熱利用</b>	-	<b>308 万 kl *1</b>
	未利用エネルギー*2	4.6 万 kl	5.0 万 kl
	<b>黒液・廃材等 *3</b>	<b>471 万 kl</b>	<b>483 万 kl</b>
<b>合計</b> (第1次エネルギー総供給比)		<b>923 万 kl</b> (1.6%)	<b>1,910 万 kl</b> (3% 程度)

\*1 輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料(50万kl)を含む  
\*2 雪氷冷熱を含む  
\*3 バイオマスの一つとして整理されるものであり、発電として利用される分を一部含む、との注釈つき



### バイオマス資源の分類

従来型農林水産資源バイオマス (エネルギー用資源としては不適)

農業資源: 食糧、素材など    林産資源: 建材、パルプ、チップなど  
 水産資源: 食糧、素材など    畜産資源: 食糧など


エネルギー資源として有望なバイオマス

**廃棄物バイオマス**

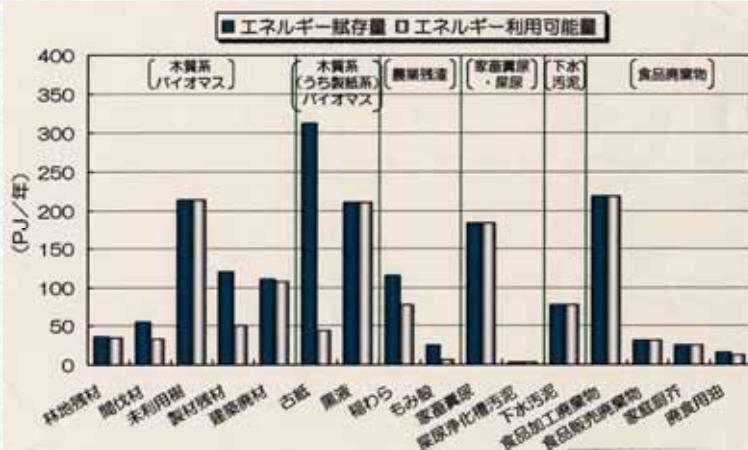
農業系廃棄物 …… 籾殻、イナワラ、麦わら、  
 林産(木質)系廃棄物 …… 製材加工残さ、間伐材  
 畜産系廃棄物 …… 家畜糞尿(牛、豚、鶏)  
 産業系廃棄物 …… 食品加工残さ、建設廃材、黒液、パルプ残さ  
 生活系廃棄物 …… 家庭ゴミ、下水汚泥                      など

**プランテーションバイオマス**

樹木バイオマス: ユーカリ、ポプラなど  
 草本バイオマス: サトウキビ、スイッチグラス など  
 水性バイオマス: 海草、藻類、ホテイアオイなど




### 日本におけるバイオマスエネルギーポテンシャル



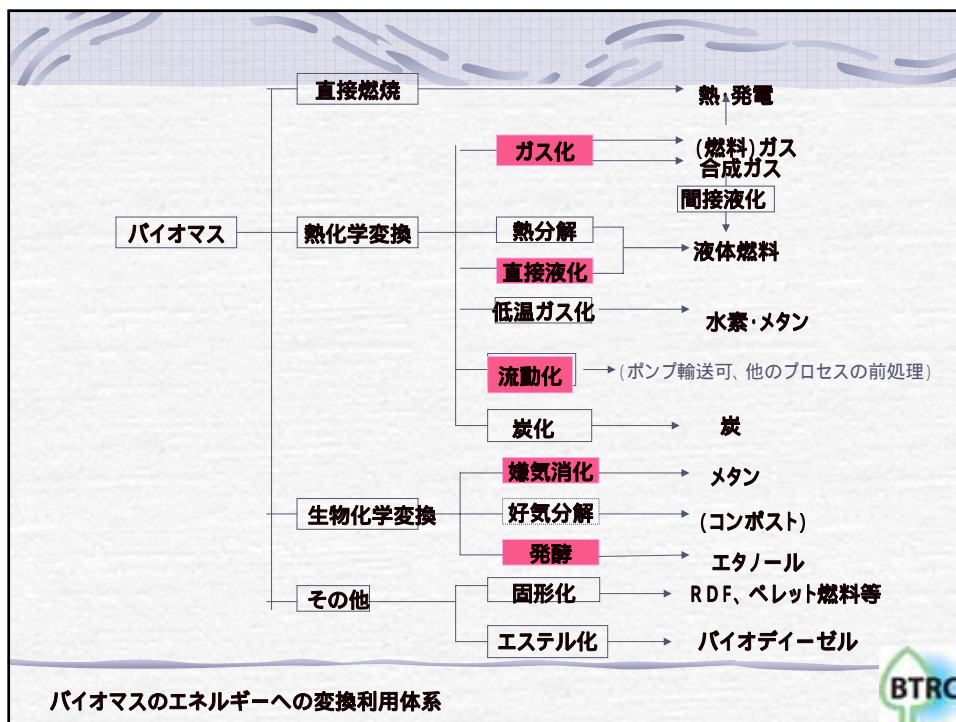
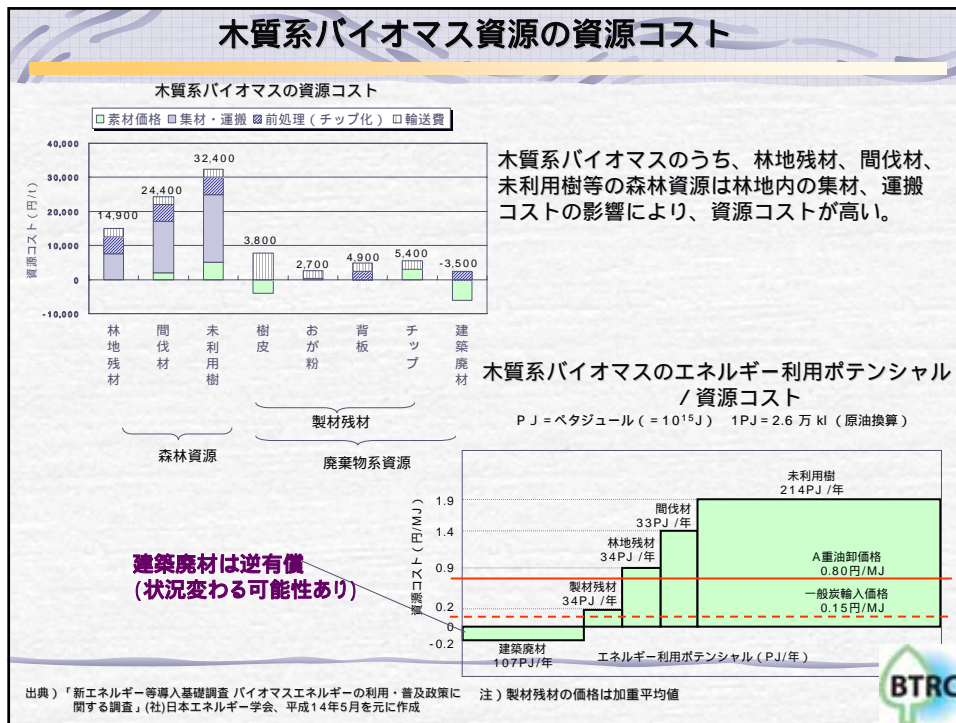
資源種別	エネルギー賦存量 (PJ/年)	エネルギー利用可能量 (PJ/年)
林地残材	40	30
間伐材	50	30
未利用樹	220	120
製材残材	120	50
産業廃材	110	110
古紙	320	40
黒液	220	210
稲わら	120	80
もみ殻	20	20
家畜糞尿	180	180
家庭浄化槽汚泥	80	80
下水汚泥	80	80
食品加工廃棄物	220	220
食品販売廃棄物	30	30
家庭厨芥	20	20
廃食用油	10	10

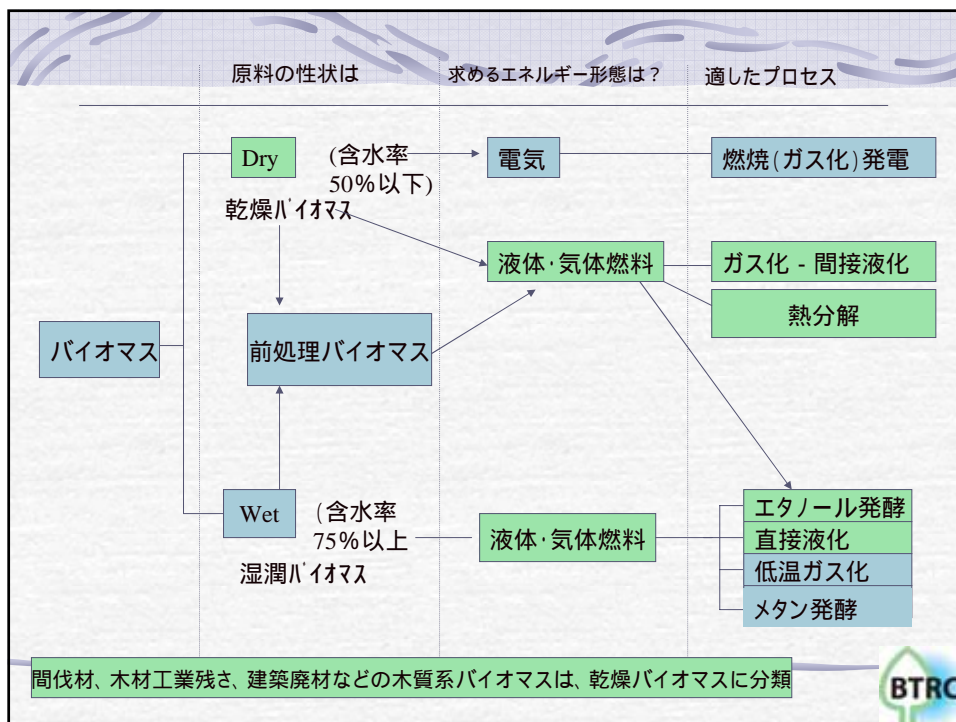
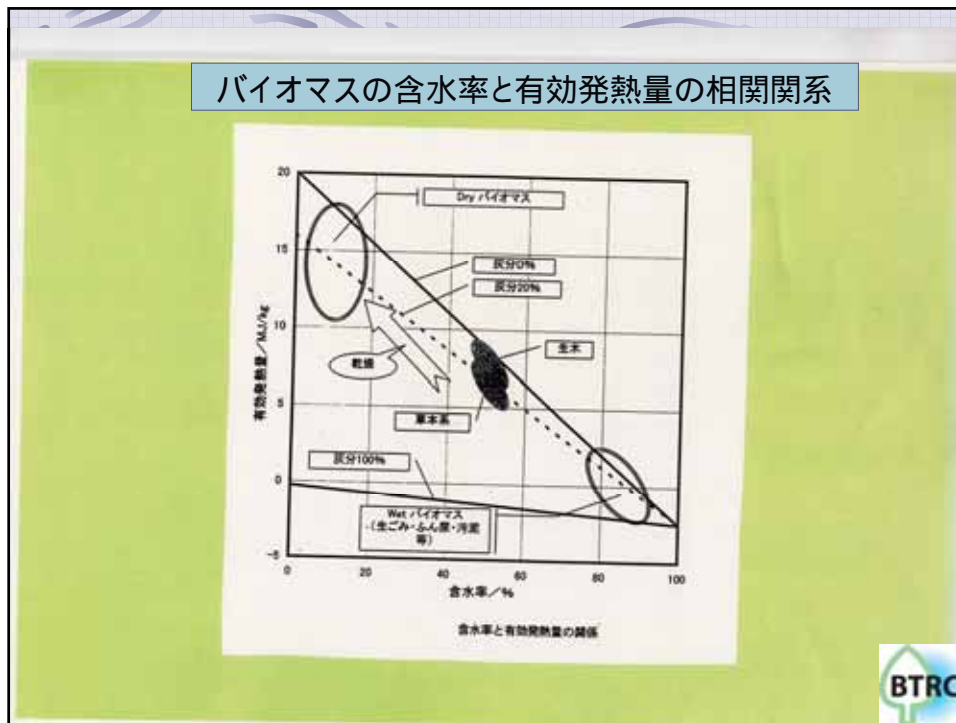
賦存量合計 1,757 PJ/年  
 利用可能量合計 1,327 PJ/年  
 (日本の1次エネルギーの5-10%)

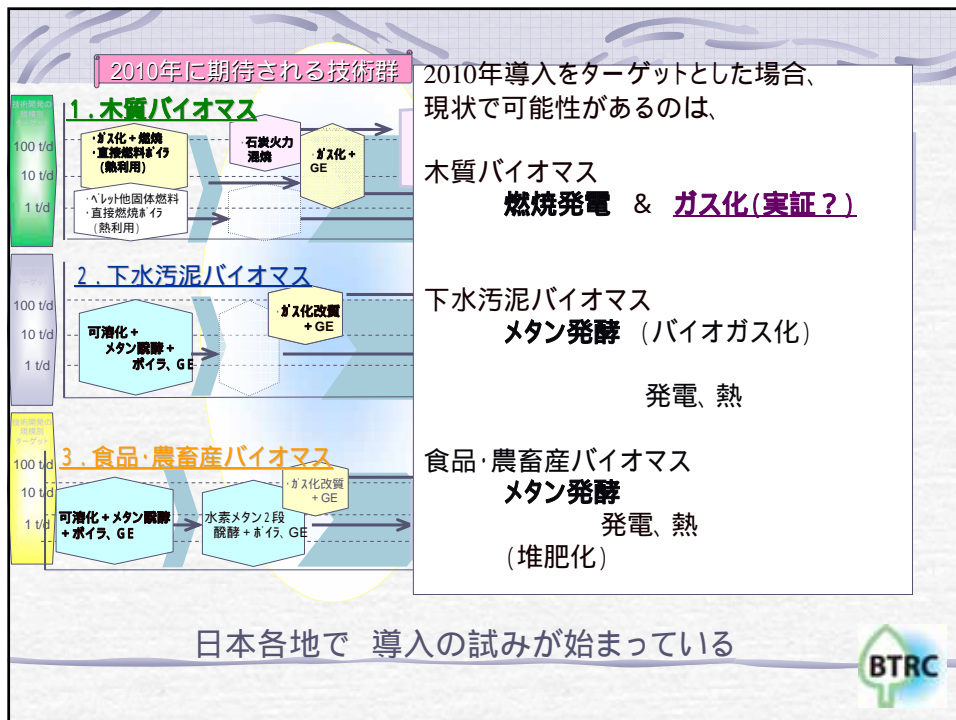
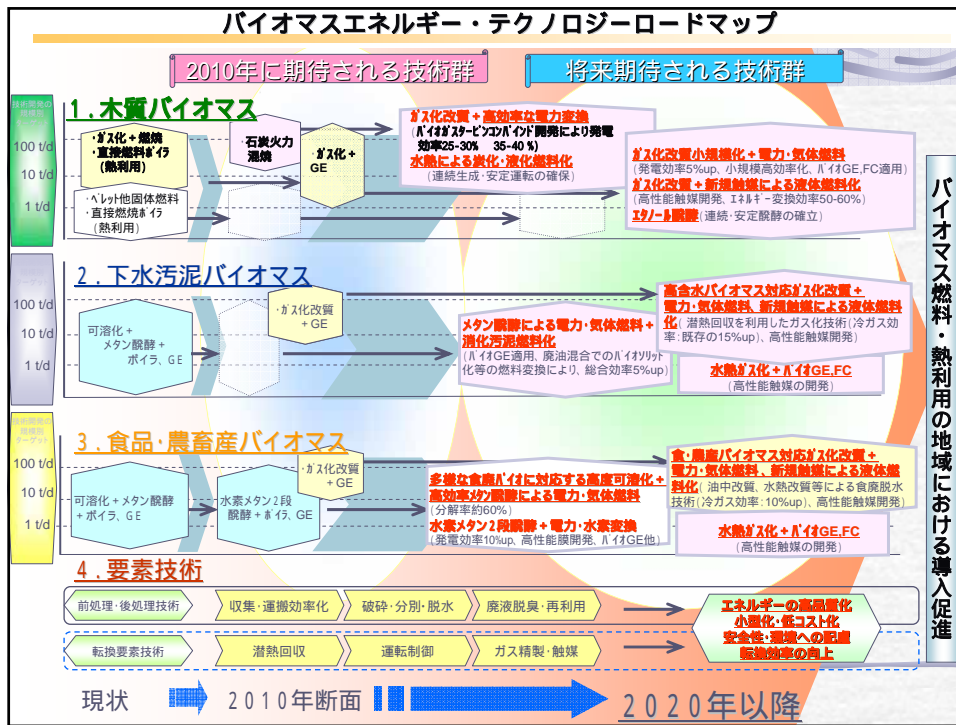
利用可能量の内訳  
 木質系バイオマス 1/3  
 食品廃棄物  
 製紙系バイオマス



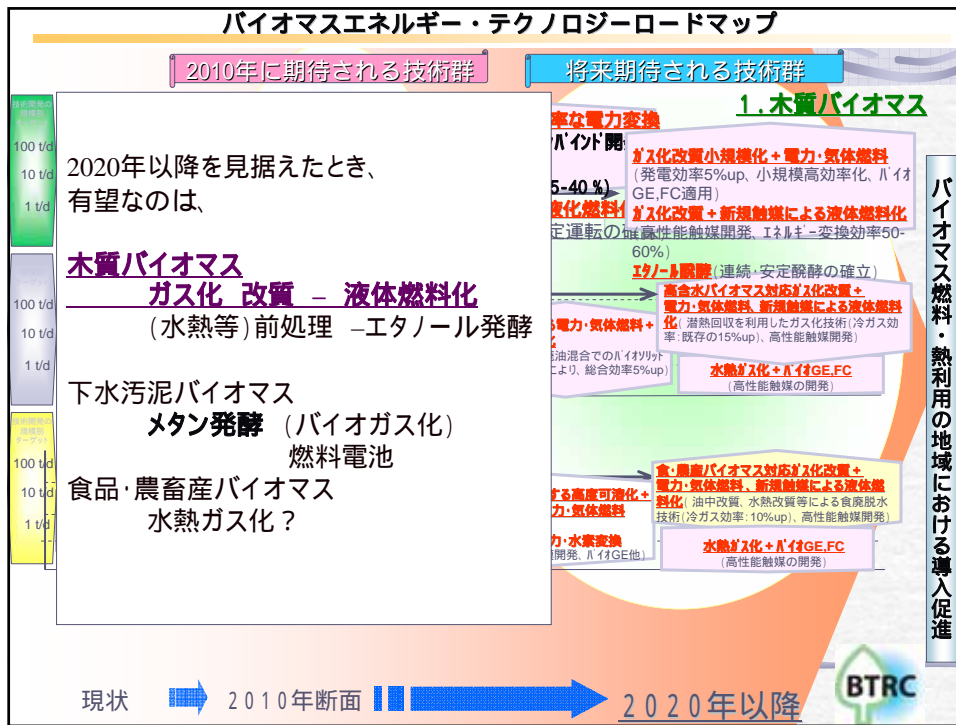
出典:「新エネルギー等導入基礎調査 バイオマスエネルギーの利用・普及製作に関する調査」(









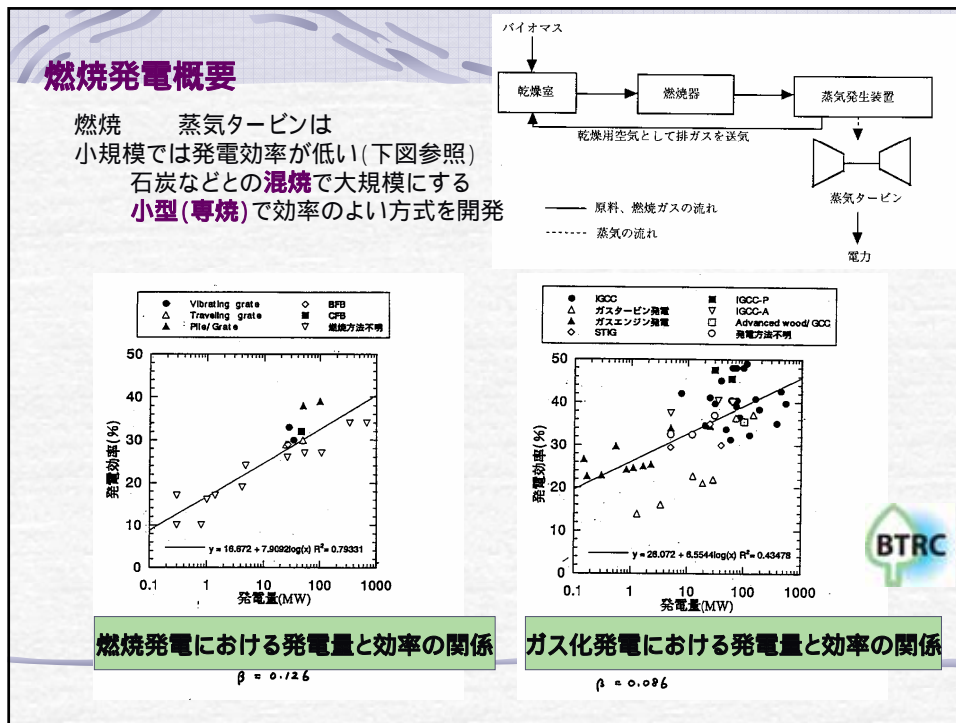


### 木質系バイオマスのエネルギー利用技術 (方式別の技術レベル)

方式	適用バイオマス	エネルギー利用用途	技術レベル
直接燃焼(ストーカー炉、キルン炉 流動床炉)	建築廃材/製材残材	発電/熱	
	林地残材	発電/熱	
小規模ガス化炉	林地残材/製材残材・建築廃材	発電/熱	
炭化	林地残材/製材残材・建築廃材	熱	
エタノール発酵	林地残材/製材残材・建築廃材	燃料/熱	
小規模燃焼	林地残材/製材残材・建築廃材	熱	
ペレット	林地残材/製材残材・建築廃材	燃料/熱	

: 実用例多数
: 実用事例有り
: 実証段階

出展: バイオマスエネルギー導入ガイドブック (NEDO 2005年9月)



### 大型火力発電所におけるバイオマス発電導入事例

設備名称	バイオマス種	稼働時期	混焼率	発電規模	バイオマス電力利用先
森林資源活用センター(岐阜)	製材所発生木材他	商用運転中	100%	600 kW	10%
能代森林資源協同組合(秋田)	製材所発生木材他	商用運転中	100%	3,000 kW	15%
四国電力 西条発電所 1号機 西条発電所 2号機	製材所発生木材 製材所発生木材	実証運転2003年5月～ 実証運転2003年9月～	3% 3%	15万kW 25万kW	RPS電力 RPS電力
北陸電力 敦賀火力発電所2号機	製材廃材チップ	実証運転2004年5月～	3%	70万kW	RPS電力
中国電力 下関発電所1号機	製材廃材、 林地残材	実証運転2004年12月～	3%	17.5万kW	RPS電力

四国電力(株)HPより

### 西条発電所における木質バイオマスの本格導入について

**CO2削減量など**

	試算値
石炭消費低減量 (西条発電所の石炭消費量)	0.4万t/年 (15年度:92万t/年)
CO2排出削減量 (当社CO2総排出量)	1.1万t/年 (15年度:1,029万t/年)
木質バイオマス発電量(送電端)	1.1百万kWh/年

**(図)木質バイオマス混焼までの過程**


**日本における木質系バイオマスを用いた従来型燃焼(専焼)発電の規模と効率**

規模別事例数	発電規模	発電効率(%)
1 MW 以下 3事例	330 ~ 550 kW	10 ~ 17
1 ~ 3 MW 7事例	1100 ~ 3000 kW	5 ~ 18
平均効率		12%

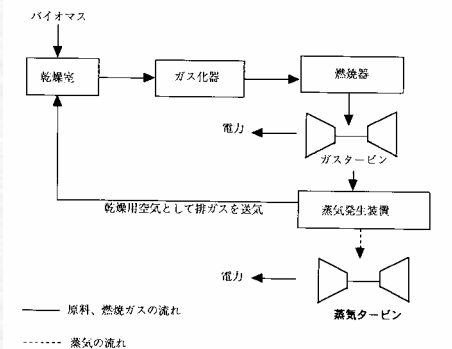
発電効率 5% は 1170 kW での報告例  
3100 kW での効率 33%という報告有り、除外

**効率が低い理由**

- \* 製材所廃材や廃棄物を原料としており、小規模による効率低下、また「発電」よりも自社内廃棄物処理、燃焼により発生させた蒸気を木材の乾燥に利用、等、発電が最優先ではない。
- \* 岡山県の銘建工業(株)では、自社工場からの排出木屑を燃料にして、自家発電、自社製材工場に電気および熱を100%供給。発電出力1,950kW/h RPS適用



### ガス化発電概要



—— 原料、燃焼ガスの流れ  
 - - - - - 蒸気の流れ

**バイオマスガス化炉の種類**

- \* 固定床
  - ダウンドラフト式
  - アップドラフト式
- \* 流動床
  - バブリング式
  - 循環式
- \* 噴流床式 (微粉体バーナー式)
- \* ローターキルン
  - 内熱式
  - 外熱式


ガス化	ガスエンジン (GE) 発電	* 出力 5kW ~ 300kW で 各社から各種エンジン開発 4,000 kcal/m <sup>3</sup> 発熱量対応 2,000kcal/m <sup>3</sup> 動作との報告例もあり
ガス化	ガスタービン (GT) 発電	
ガス化	燃料電池	

バイオマスエネルギー・トータルシステムのより詳細な検討：  
国内バイオマス利用の場合の適正規模にあわせた評価

日本の地方小都市をモデル地域に、木質系バイオマス エネルギー生産システム導入を想定

**木質系バイオマス**

- 前処理
  - ・空気乾燥
  - ・チップ
  - ・粉砕
- 木炭化 (効率20%)
  - 木炭コンロ (効率20%) 総合効率4%
- 直接燃焼
  - ペレット製造 (効率30%?)
  - 直接蒸気発電 大規模
  - 直接燃焼CHP 大規模
- ガス化 発電
  - ガスタービン発電 中規模
  - マイクロガスタービン発電 小規模
  - ガスエンジン発電 小規模
- ガス化 間接液化 中規模 ~ 大規模
- 直接液化 or 熱分解  
ディーゼル発電 中規模




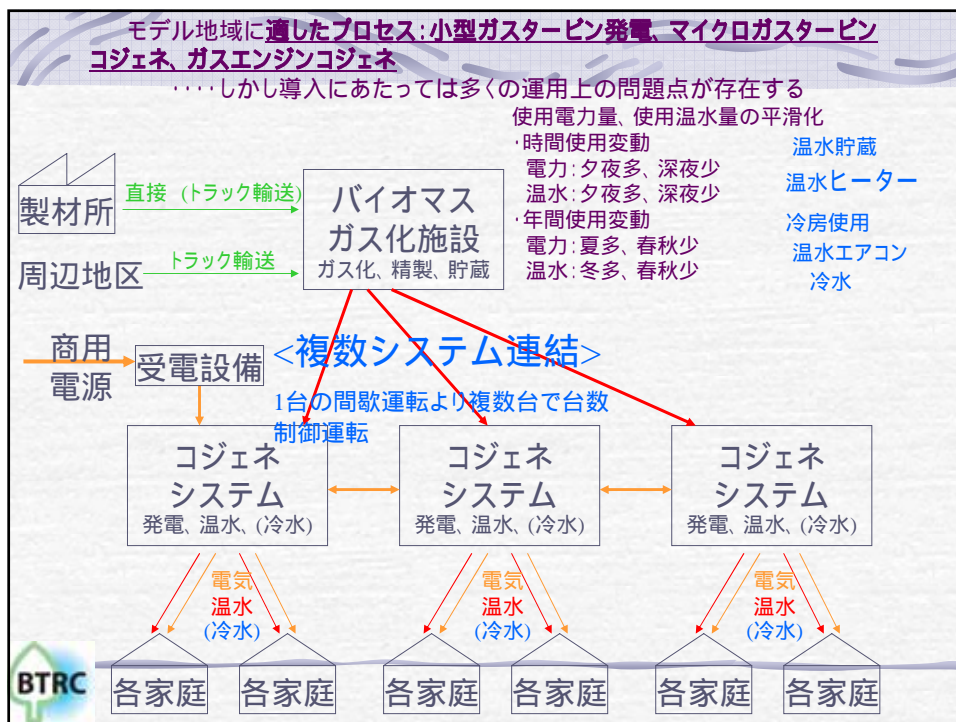
### 木質系バイオマス 発電の規模と戸数の相関関係

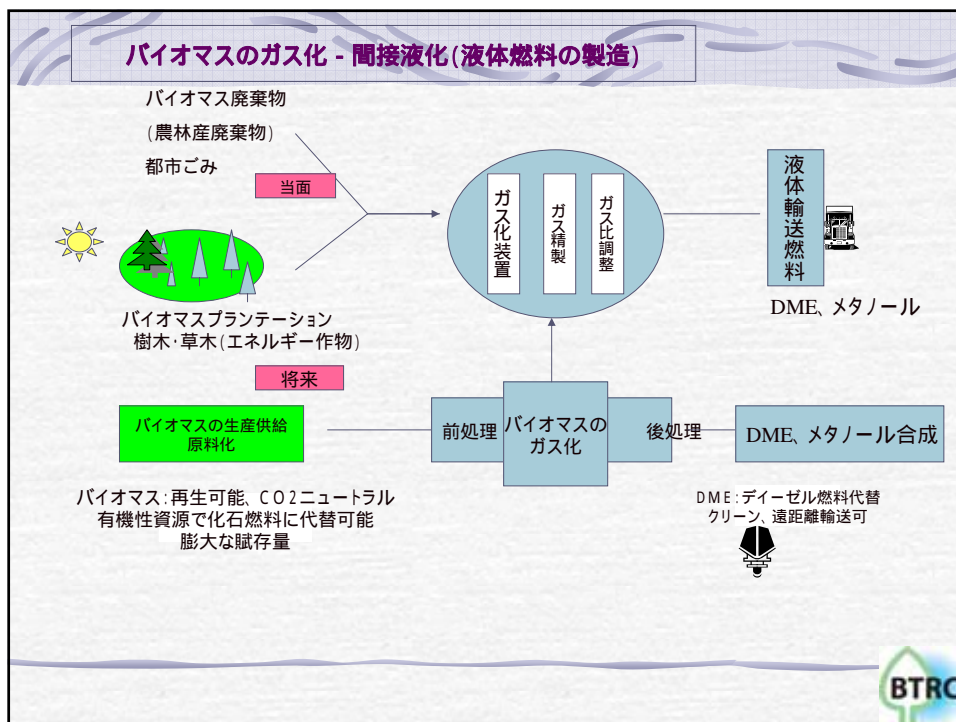
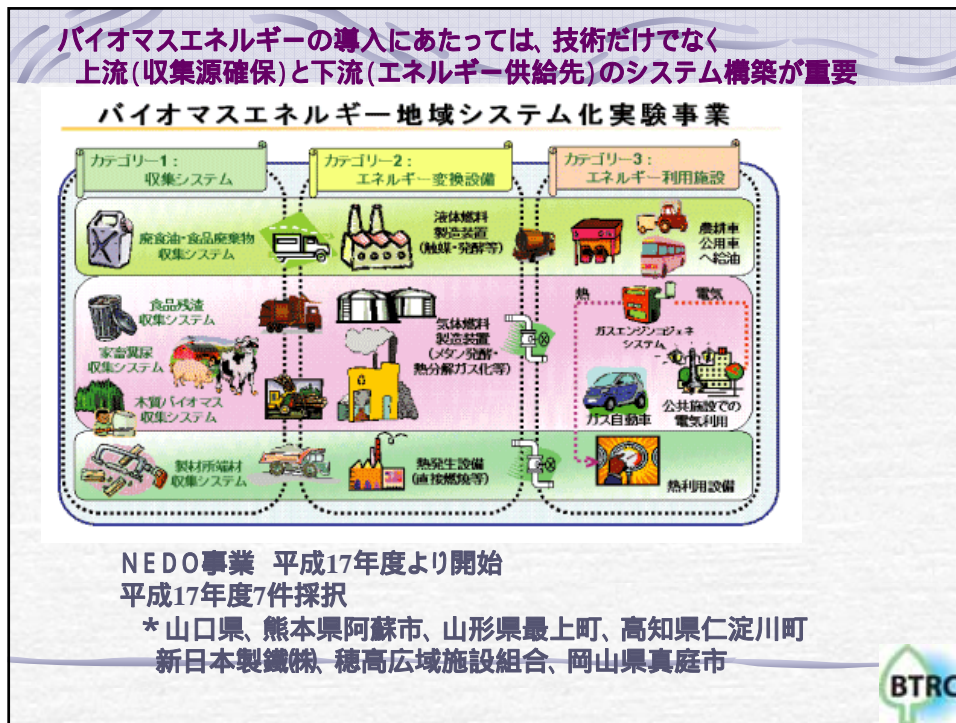
	発電規模(容量)	効率(%)	戸数(戸)	木材量(AD-t/日)
<b>直接燃焼発電</b>	10 ~ 40 MW	25 ~ 33*1		
	10 MW	20	約 18,000	288
	3 MW	12*2	約 5,400	144
	1 MW	8	約 1,800	72
<b>ガスタービン発電</b>	2.5 ~ 5 MW	30 ~ 35*3	約 10,000	107
	5 MW	30		
<b>マイクロガスタービンコージェネ</b>	28 ~ 300 kW	20 ~ 35	約60 ~ 650 (発電)	0.7 ~ 24.7
<b>ガスエンジンコージェネ</b>	10 ~ 5000 kW	30 ~ 40		
	100 kW	30	220	3.6

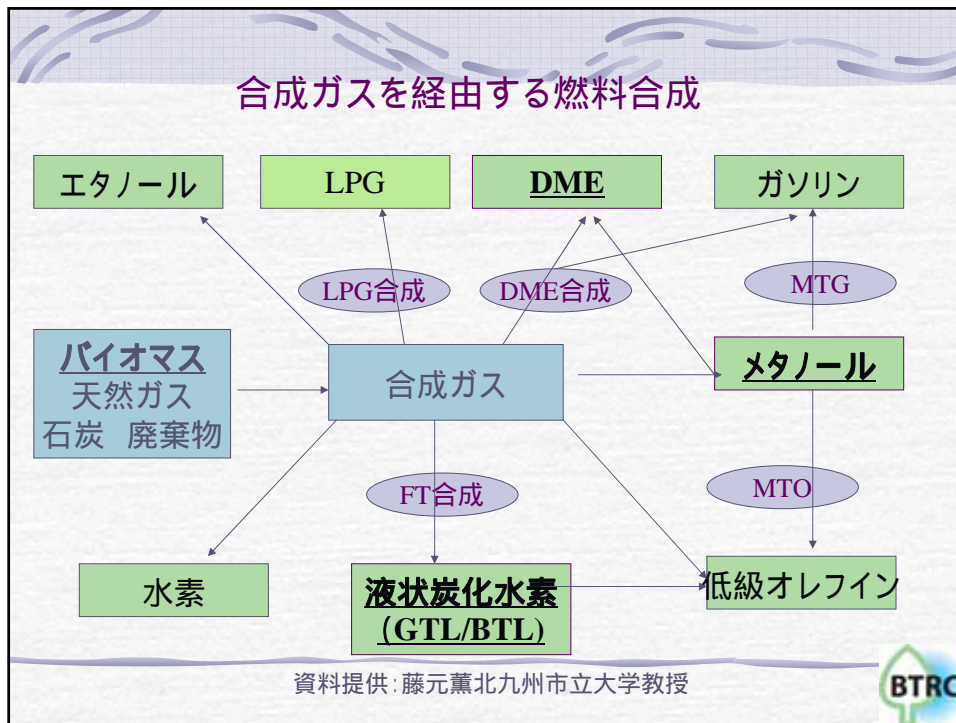
\*1 25-50 MWの実機(実在)のバイオマス発電所の平均値 \*2 日本のバイオマス燃焼発電(実機稼働)9カ所の平均値  
 \*3 2.5-30 MW の実証プラントの平均値 ただし天然ガスを原料とした場合の効率8バイオマスではもっと低い  
 50-150MW のモデル計算での発電効率は30-48%

- モデル都市 人口:約3万人 世帯数:約9000戸 東北の小都市
- 使用電力:300 ~ 350kWh/(月・世帯) (中部電力資料)
- 供給可能木質バイオマス量:3,500-20,000 t/y

70t/d がmaxか? 木材団地で排出されるチップ、端材のみ、現場に集積、コストゼロ

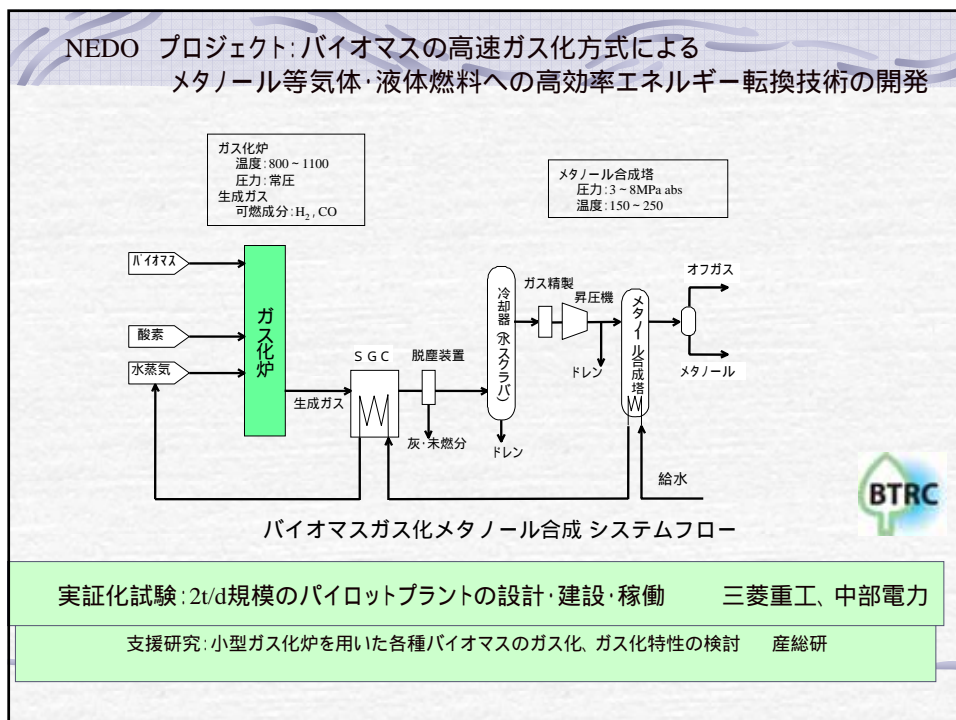
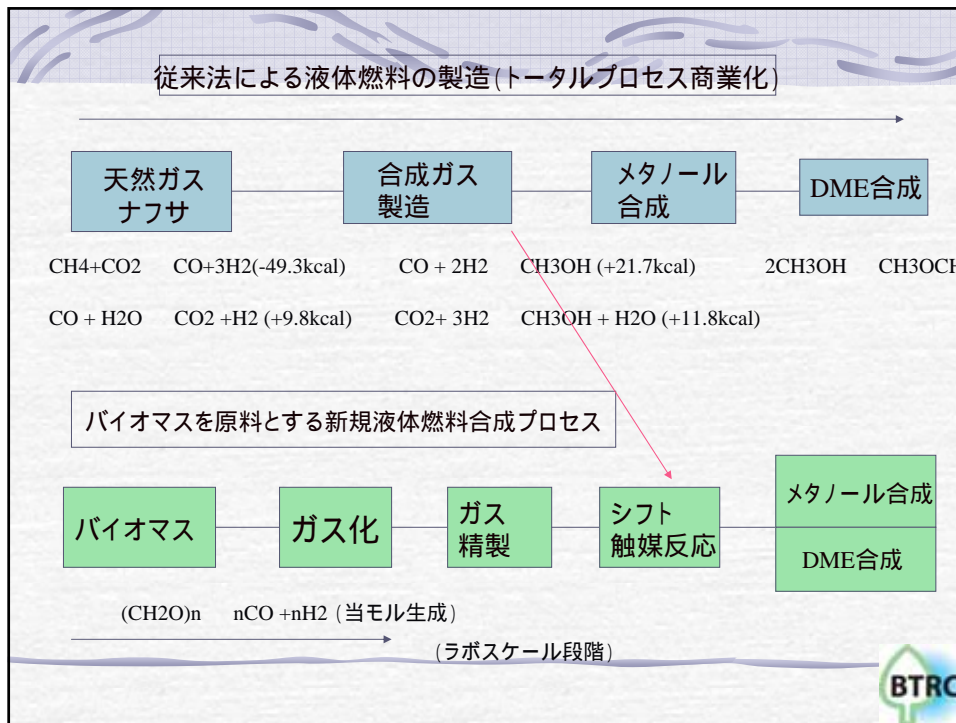




なぜ液体燃料か・・・

- \* 輸送用燃料(transportation fuel vehicle fuel)として有用、直接ガソリン、ディーゼルオイル、軽油に直接代替可能
- \* 長距離大量輸送が可能(Death of distance)、国内にプランテーション用地を確保できない国に有利 (・・・ CDM事業にカウントできる)

	沸点 ( )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比重	蒸気圧 (気圧)	セタン 値	発熱量 (10 <sup>3</sup> kcal /kg)
プロパン	-42	0.49	1.52	8.3	5	11.1
メタノール	64.6	0.79	-	0.37	5	4.8
DME	-25.1	0.67	1.57	5.3	55-60	6.9
エタノール	78	0.79	-	0.21	40-50	6.4
ガソリン	30- 190	0.75	-	0.45- 0.9	-	10.3
ディーゼル オイル	180- 360	0.84	-	-	38-53	10.3





バイオマスの高速ガス化によるメタノール等気体・液体燃料への高効率エネルギー転換技術開発

噴流床を用いたガス化

- \* 廃棄物を含む多種多様のバイオマス資源に応用可能
- \* ガス化炉構造が極めてシンプルで、大容量(大規模)に対応できる一方、簡便な小型分散型タイプへ応用容易
- \* メタノール、DME、GTL等の化学製品に転換するためのガス組成コントロールが容易

ガス化特性 原料バイオマスの性状によって異なる

産総研分担:

支援研究 バイオマスガス化特性の把握

- \* 小型噴流床型バイオマスガス化装置を設計製作
- \* 上記装置を用いて各種バイオマスをガス化
- \* ガス化特性を把握

商用規模で入手可能な広範囲のバイオマス適用に資するデータの取得を行う



小型噴流床型バイオマスガス化装置 at AIST

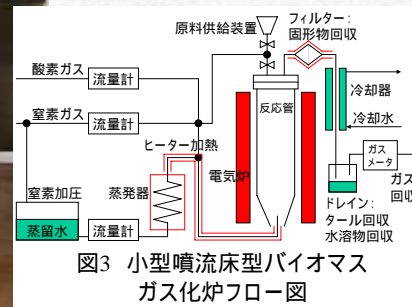
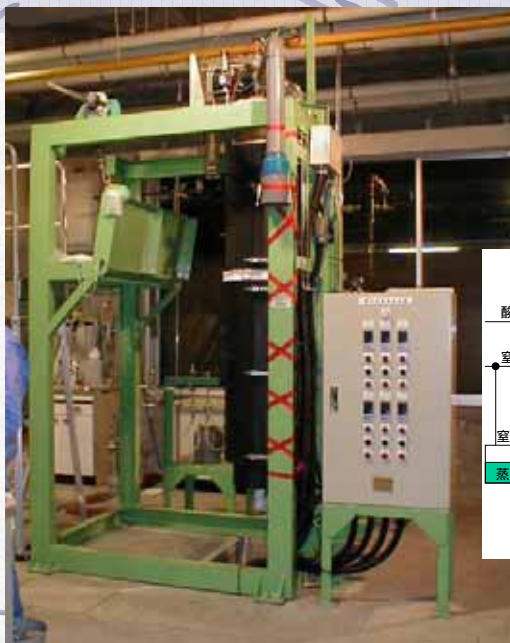
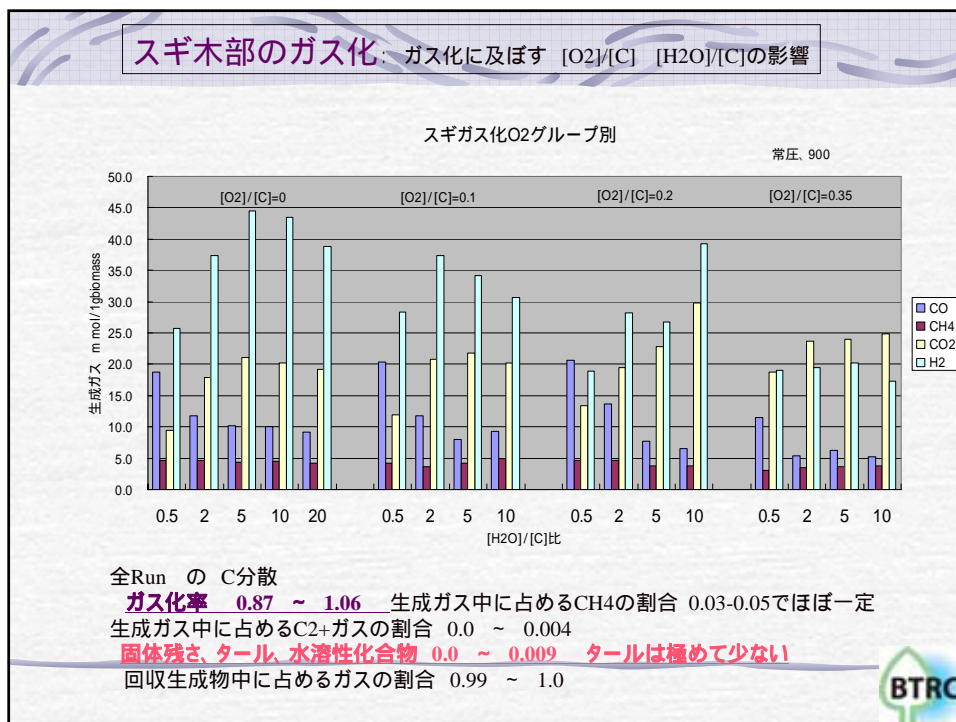
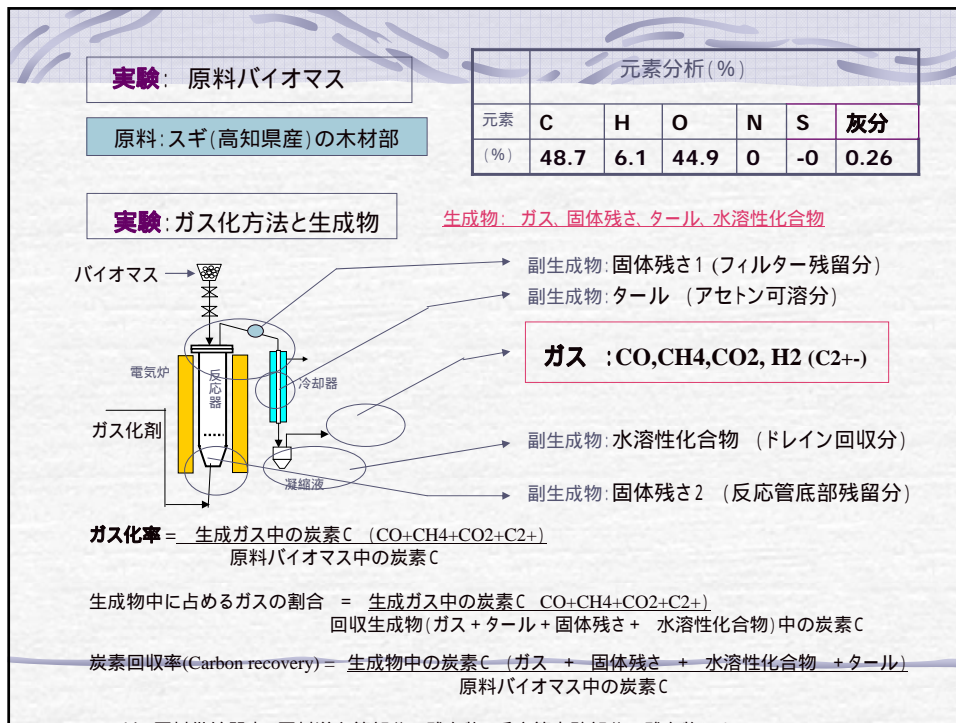
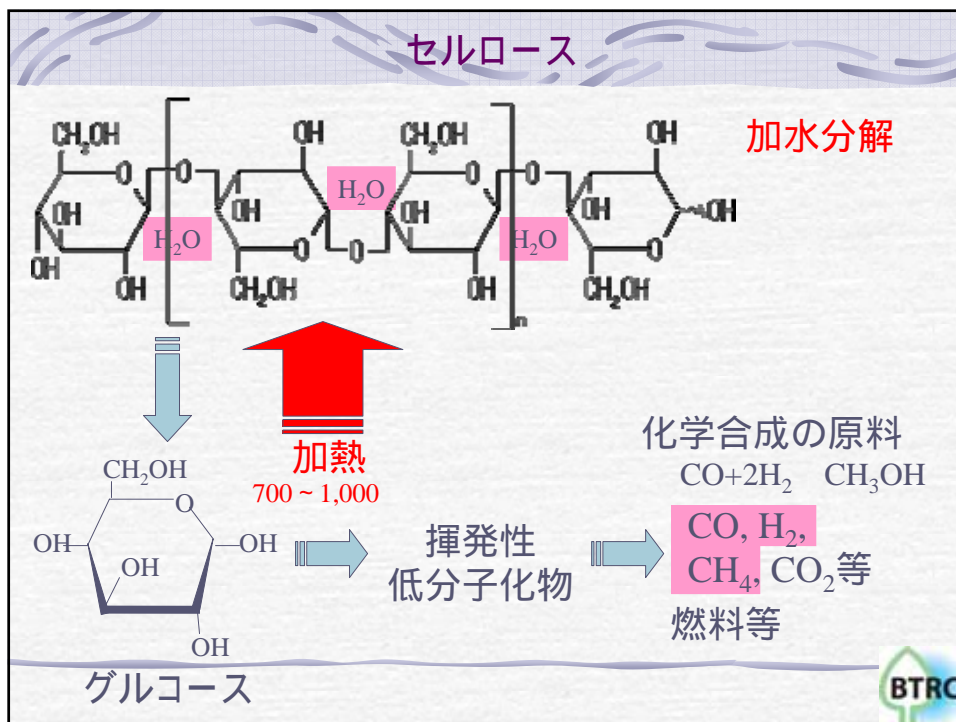
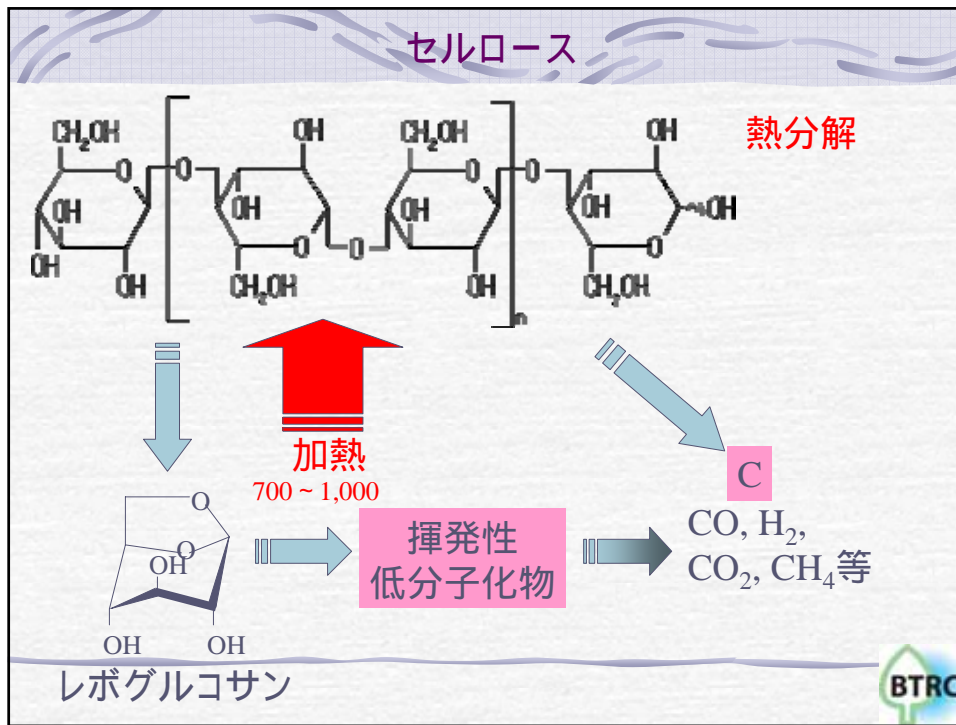
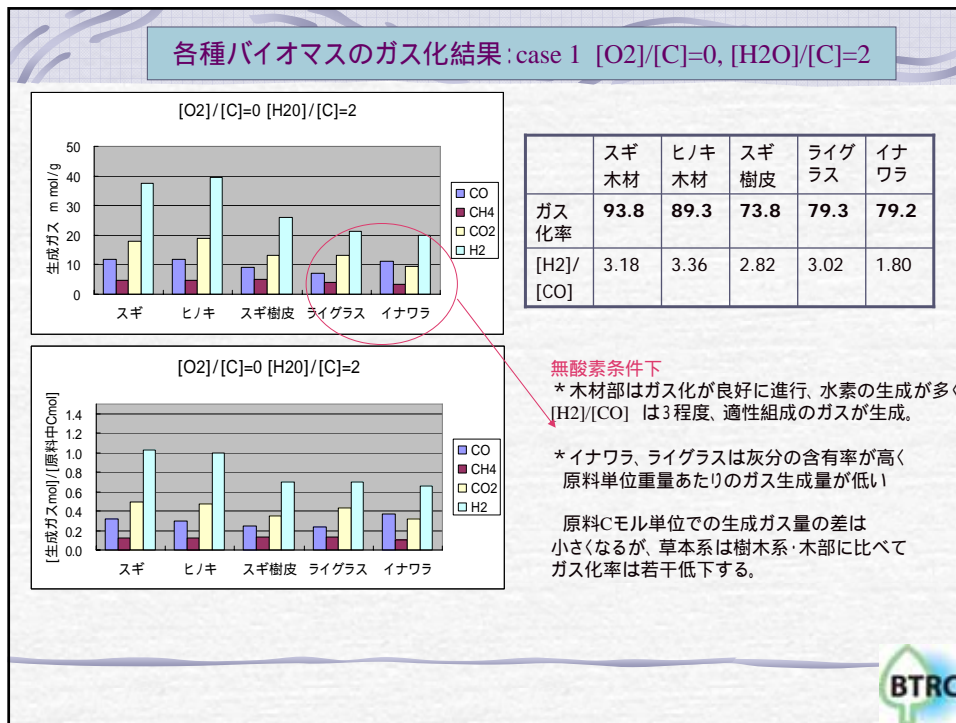


図3 小型噴流床型バイオマスガス化炉フロー図









### 噴流床型炉によるバイオマスのごガス化

- \* 噴流床型ガス化炉**  
 構造がシンプルで、大規模対応 / 小規模対応が可能 (2t-d 試験プラント稼働開始)  
 触媒必要なし、タール分の少ないガスが得られる  
 広く多種多様のバイオマスに应用可能である。
- \* ガス化特性** … 原料バイオマスの性状によって異なる
- \* スギの木部のガス化:**  
 高いガス化率でCO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>をメインとするガスが得られる。  
 タール、固体残渣の発生は極めて低い。  
 ガス化剤 (H<sub>2</sub>O/C, O<sub>2</sub>/C比) [H<sub>2</sub>O]/[C] 0.5 ~ 2, [O<sub>2</sub>]/[C] 0 ~ 0.1, の時、液体燃料製造に適した組成のガスが得られる。
- \* 他種バイオマス原料を用いたガス化**  
 樹木系木部 ガス化良好、樹木系樹皮 ガス化率やや低下、固体残渣の生成多、  
 草本系 灰分多、ガス化率やや低下、  
 いずれもタールは極めて少なく、  
 液体燃料製造に適した比の組成のガスが得られる。

\* 得られるガスよりメタノール、あるいはDME等を製造できる。

得られたガスの性状

- 燃焼可(高温:青い炎) H<sub>2</sub>リッチ:高カロリー  
(高エクセルギー)



得られたガスの性状

- ガスエンジンへの利用



## 実証試験プラント概要



試験プラント全景



バイオマス受入・粉碎設備全景



**毎日 廃木材からクリーン燃料製造**

中電が実験装置 川越火力発電所内に 17日から試験運転

**LNGを代替に**

**廃材でメタノール製造**

中電、三重にプラント 数年で実用化へ

**廃材から液体燃料**



### 試験プラントの計画と実績および実用機計画

	2t/d試験 プラント計画	2t/d試験 プラント実績	実用機計画
バイオマス 処理量	2t/日	2t/日	50 ~ 100t/日
冷ガス効率*1	65%以上	60 ~ 65%	75%以上
メタノール 重量収率*2	20%以上	~ 20%	~ 50%

\*1 原料バイオマス化学熱を100%として算出

\*2 原料バイオマス重量を100%として算出  
スギを用いた結果を表示



### バイオメタノールの性状

(提供: 株式会社三菱重工)

高位発熱量	24.3 kJ/kg
メタノール	87 wt%
水分	1 wt%
その他(炭化水素等)	12 wt%



### バイオメタノールの用途

補助ボイラ(軽油使用)代替燃料

燃料電池用

バイオディーゼルフェューエル(BDF)メチルエステル化用

DME製造 ボイラ/ガスタービン 集中電源用燃料

GTL製造 ディーゼルエンジン、燃料電池、分散電源用燃料

軽油、灯油代替、輸送用燃料への混合、化学原料



