

バイオマスエネルギー関連事業の展開について

2016年3月8日

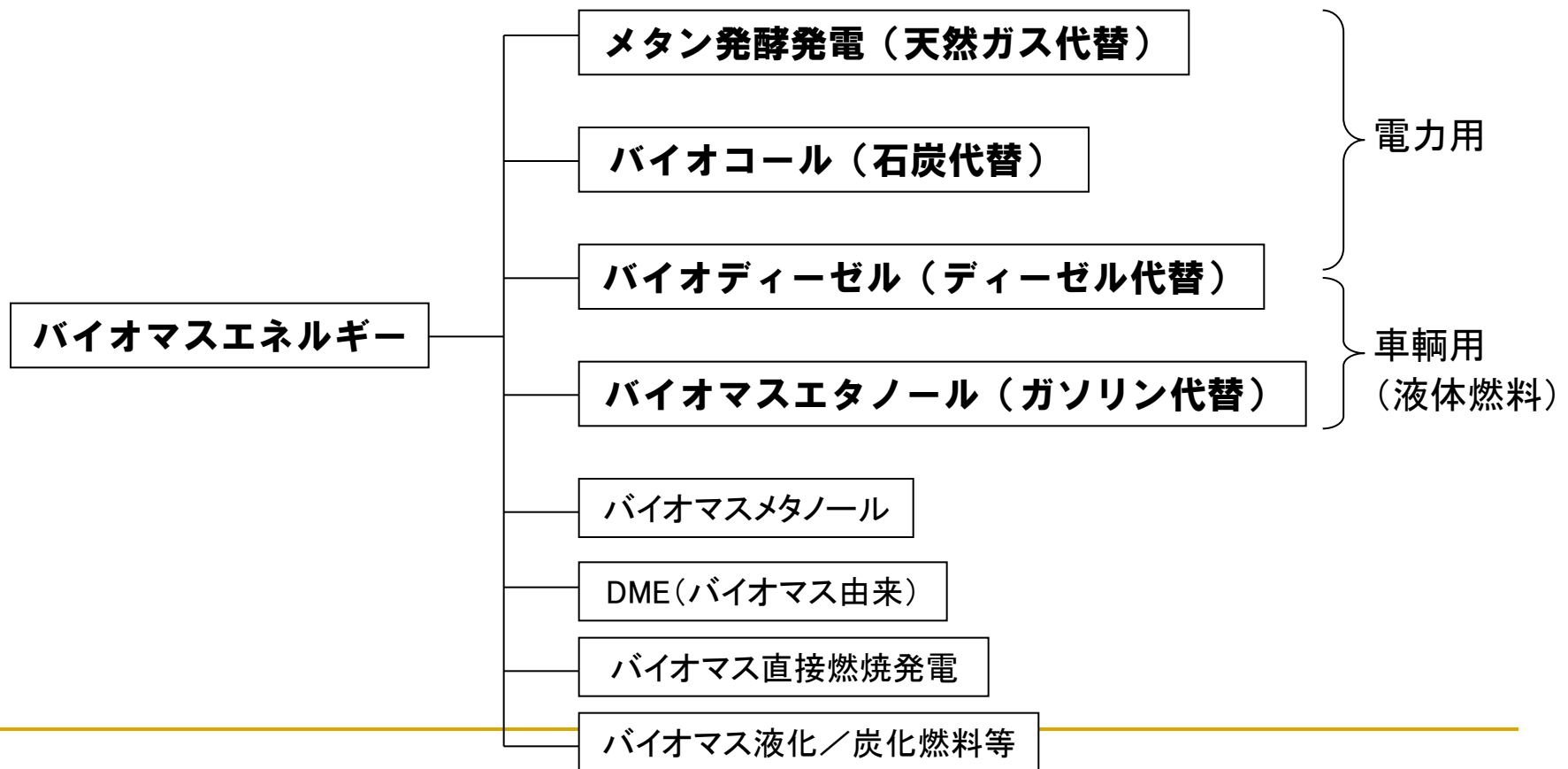
三菱商事株式会社

地球環境・インフラ事業グループCEOオフィス

環境エネルギー政策担当 澤 一 誠

バイオマスエネルギーとは？

化石資源（石油、石炭、天然ガス等）を除く、動植物に由来する自然循環型資源を利用した持続可能な再生可能エネルギー。



世界の輸送用燃料とバイオ燃料の需要予測

出典:IEA「World Energy Outlook 2012」

	2010年	2035年	倍率
道路輸送用燃料	18.5 億toe	→ 24.5 億toe	1.3倍

道路輸送用バイオ燃料

世界	59百万toe (3 %相当※)	→ 204百万toe (8 %相当)	3.5倍
アジア	3百万toe 〔世界の6%〕	→ 36百万toe 〔世界の18%〕	12倍

※ 3%を超えてShell、BP等オイルメジャーがブラジルに投資して本格参入。
先行するADM、Bunge等穀物メジャーに加えてビッグプレーヤーが出揃った感がある。

世界の輸送用バイオ燃料の需要予測

出展： 2050年分：IEA輸送用バイオ燃料ロードマップ(2011.4.20)

(2010 年と 2035年分の数字は IEA WEO 2012 より引用)

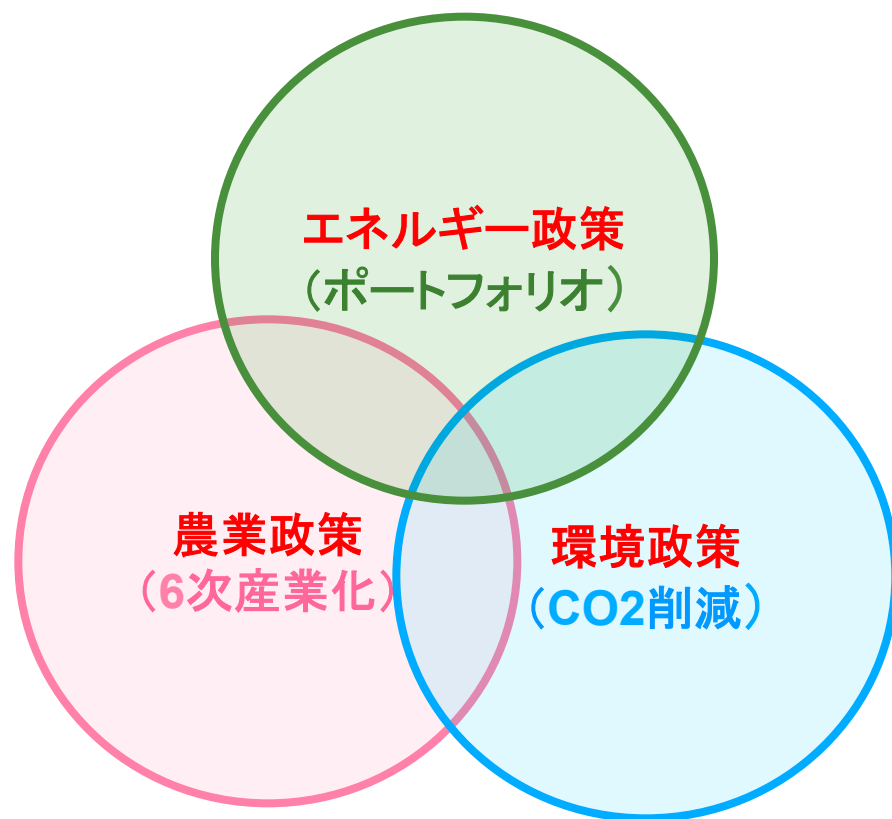
輸送用バイオ燃料の 市場規模：	年	<u>2010 年</u>	<u>2035 年</u>	<u>2050 年</u>
	石油換算量	59百万 Toe	2.04 億toe (3.5倍)	7.5億toe (12.7倍)
	平均混合率	3 % 相当	8 %相当	27 %相当
	金額イメージ	7 兆円 ※	24 兆円	80 兆円

注) ※：エタノール 85 百万KL (5兆円) + BDF 21 百万KL (2兆円)

2050年の輸送用バイオ燃料の内訳：

乗用車用 (ガソリン代替)：エタノール	270百万toe (37%)
トラック・重機用 (ディーゼル代替)：BDF	200百万toe (26%)
航空機用 (ケロシン代替)：Bio SPK	200百万toe (26%)
船舶用 (重油代替)：BDF	80百万toe (11%)
Total	750百万toe

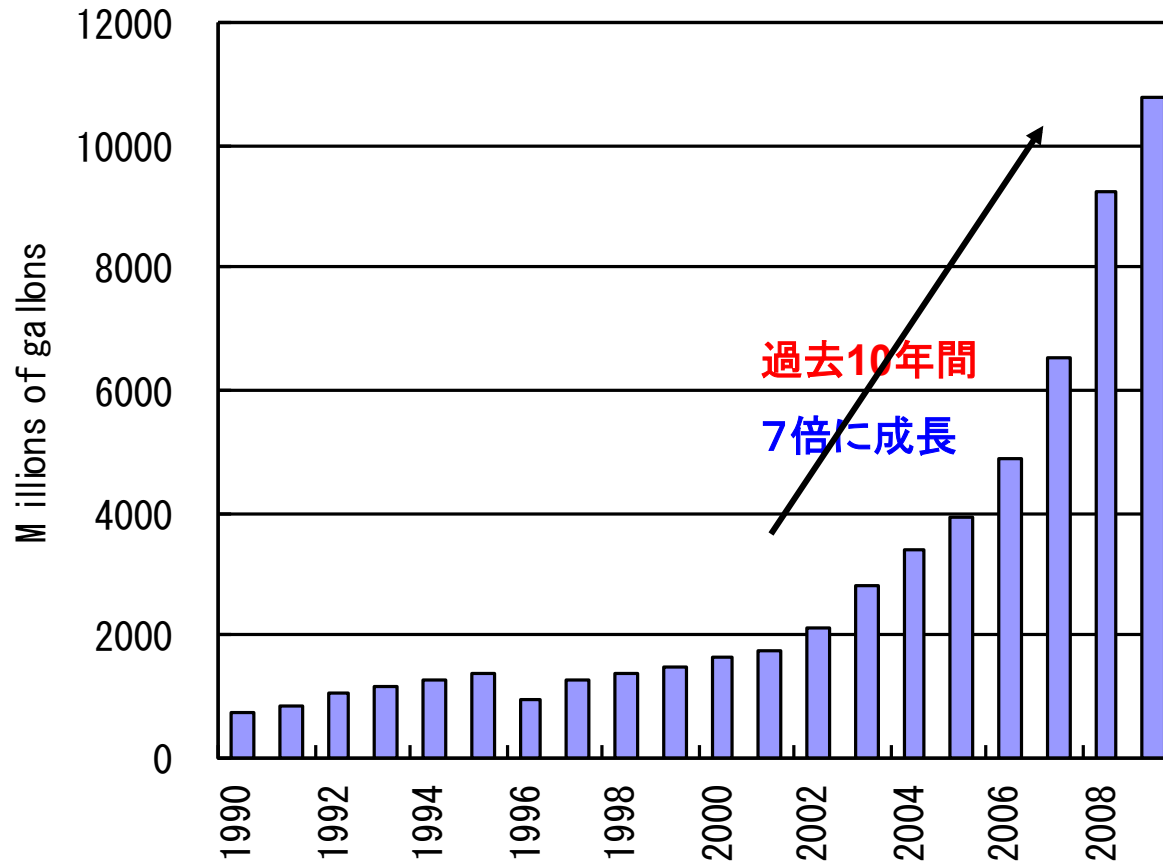
バイオマスエネルギーの政策導入・戦略産業化



産業政策 雇用創出

- **政策的に** バイオマスエネルギーを導入
- バイオマスエネルギー産業を**戦略産業**として推進

米国エタノール製造量の推移



⇒ **2011年実績**
140億 Gallons
(= 53 百万 KL)
(= 3.2 兆円 @60円/L)
平均混合率: **10%**
世界の**57%**シェア

EPA(環境保護庁)

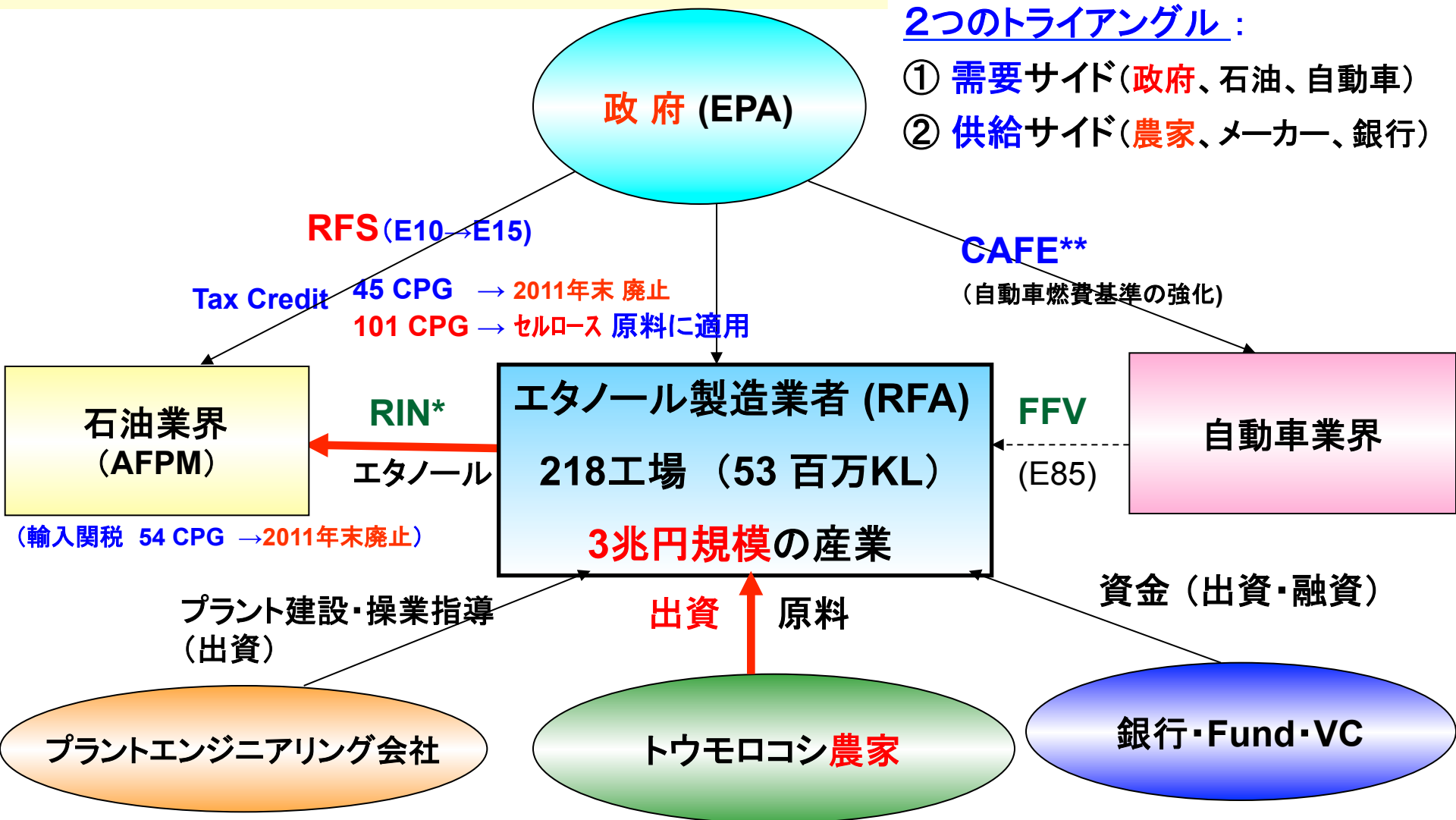
- ・**2004年 RFS**
大気汚染対策(**CAA**)
- ・**2007年 RFS2**
エネルギー安保
(**EISA2007**)

2006年以降 **ブラジル**
を上回り NO.1 に!

米国のエタノール燃料産業構造

2つのトライアングル：

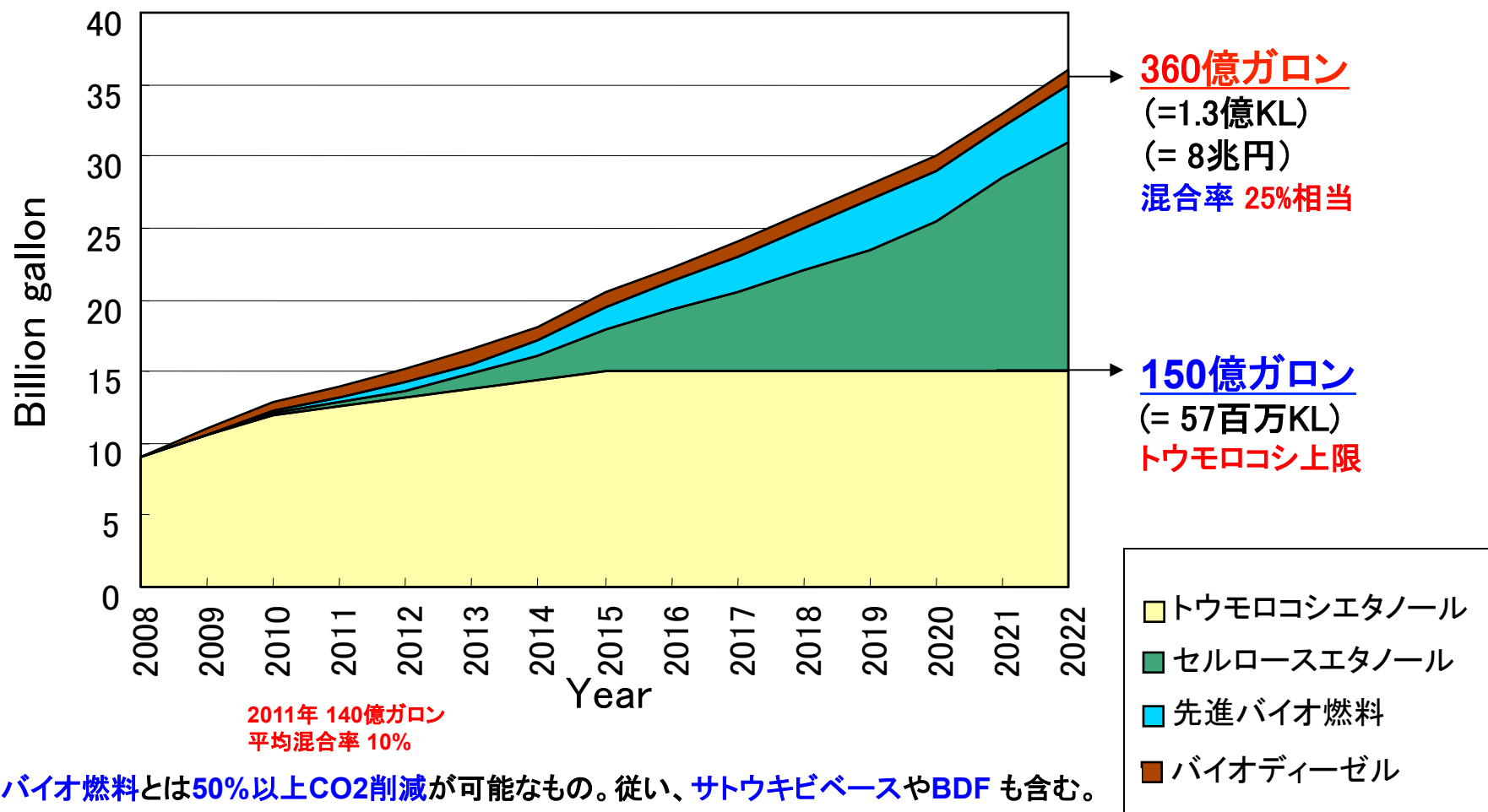
- ① 需要サイド(政府、石油、自動車)
- ② 供給サイド(農家、メーカー、銀行)



*RIN: Renewable Identification Number
(再生可能エネルギークレジット制度)

**CAFE: Corporate Average Fuel Economy

米国 RFS2 バイオ燃料導入計画（使用義務量）



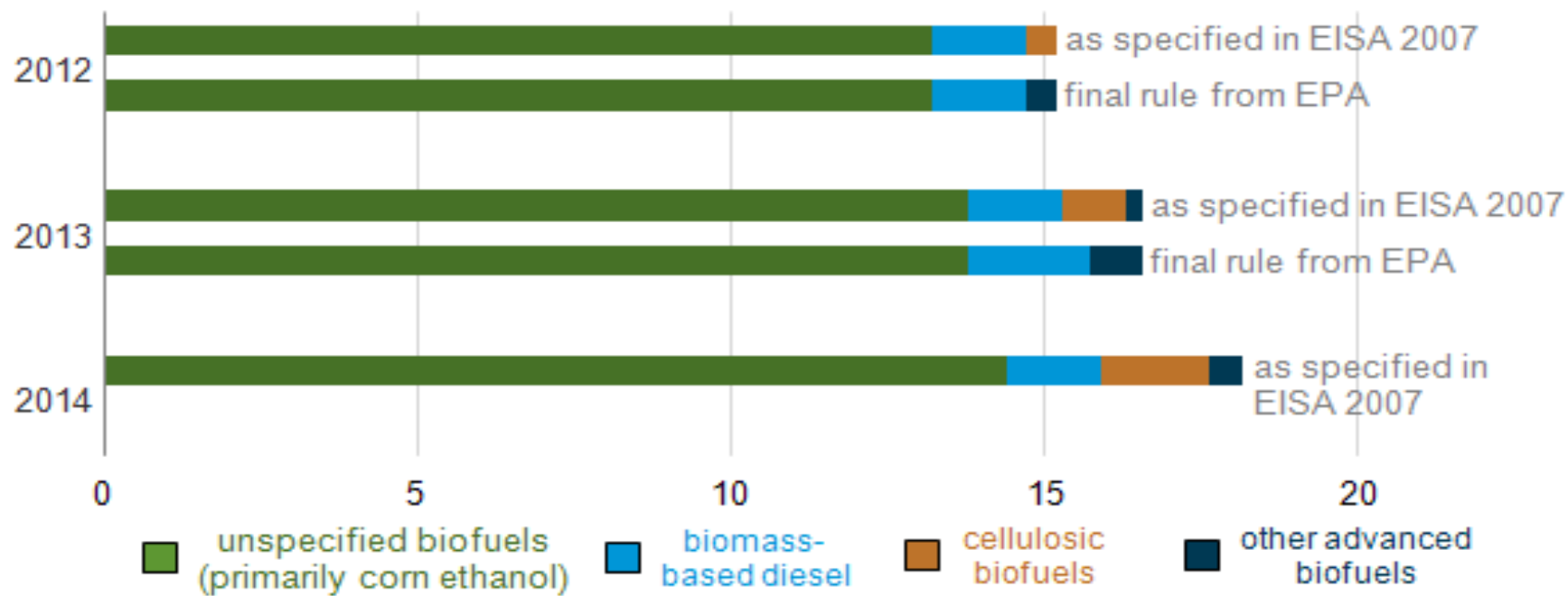
- ・先進バイオ燃料とは50%以上CO2削減が可能なもの。従い、サトウキビベースやBDF も含む。
- ・2012年のエタノールは、トウモロコシ不作（干ばつ）、税制優遇廃止、セルロース技術開発遅れで初めて前年割れの133億ガロンに減少したが総再生可能燃料使用義務量152億ガロンは達成。

（出典）Renewable Fuel Standard

米国RFS2 2012/2013/2014年計画/実施内容

1. **2013年** 総導入量(166.5億G)、先進バイオ燃料(27.5億G)は変更せず。セルロース下方修正分をBDFの上方修正とRIN繰越し分で補填。更に適用期間の**2014年9月30日迄延長**して辛うじて達成。
2. **2014年の使用義務量縮小案**をEPAが2013年11月に以下の通り発表したが、以降正式表明はない。
総導入量:181.5 -> 152.1億G、先進バイオ燃料:37.5 -> 22億G、セルロース:17.5億G -> 17百万G

Renewable Fuels Standard target volumes
billions of gallons of ethanol equivalent



出典: U.S. Energy Information Administration

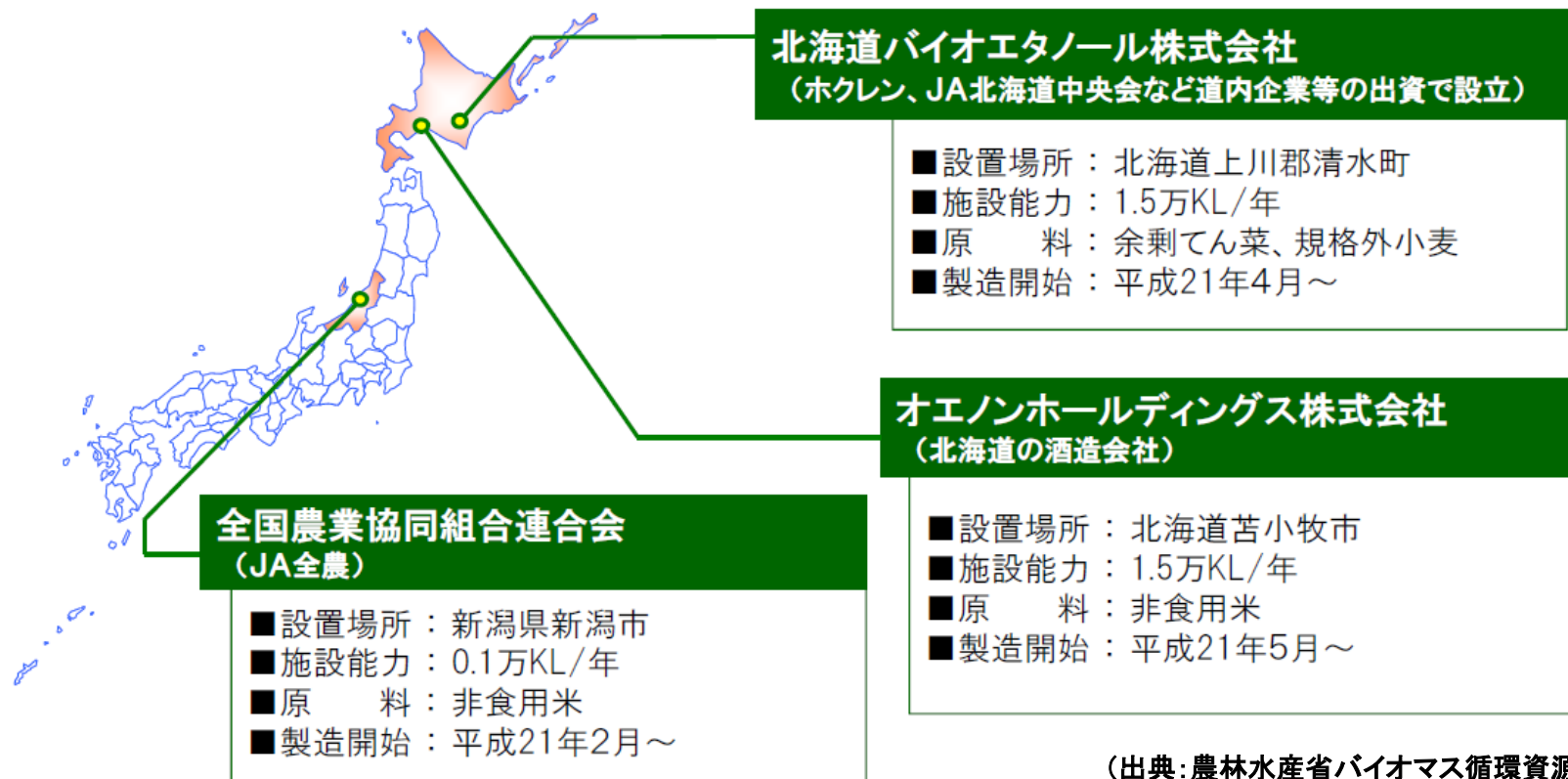
バイオマスエネルギーに対する欧米と日本の取組みの違い

	欧米	日本
エネルギー政策	●エネルギー安全保障政策として推進 ●エネルギーポートフォリオの一角 ●再生可能エネルギーの中のメジャーな存在 ●革新的導入目標 ⇒ 産業レベルの大規模市場 ●大規模導入による展開	●再生可能エネルギーの中のマイナーな存在 ●限定的な導入目標 ⇒ 市場規模が極めて小さい ●小規模導入による展開
農業政策	●農作物の新たな利用用途 ⇒ 市場の拡大 ●新たな大規模産業(6次産業)の創出 ●農家の収入アップ、農業補助金の削減 (米国:35億ドル/年×5年間=175億ドルセーブ)	●プラントメーカーによる技術開発案件の推進 ●農水省による国内小規模実証事業が事業として成立しないという評価により補助金を打ち切り
環境政策	賛否両論あるが以下推進派の意見も報道される。 ●确实且つ効果的な大規模CO2削減手段である ●「食との競合」について(ミシガン大フェリス教授) 5年間でトウモロコシ価格は2倍に上昇。但し、エタノールの影響は3.8%のみ(小売では2.5%のみ)	●CO2の削減手段として位置付けられていない ●「食との競合」、「生物多様性」等負の側面が必要以上に報道されているくらいがある
産業政策	●戦略産業として積極的に推進 ●新たな雇用機会の創出 ●持続可能性基準の設定 ⇒ 国際競争力強化策 ●補助金・税制優遇 ⇒ 義務化・市場価格転化	●国内で補助事業として推進 (技術開発や小規模実証が主流)

日本の第1世代バイオエタノール製造(農水省実証事業)の取組み

バイオ燃料生産拠点確立事業の実施地区

- 平成19年度から、国産バイオエタノールの原料生産から製造・販売に至る一貫技術・利用体系を確立するための大規模実証事業を3地区で実施。平成24年度に、事業化に向けた課題を克服するために、バイオ燃料生産拠点確立事業を創設(平成24年度～平成28年度)。



(出典:農林水産省バイオマス循環資源課)

三菱商事のバイオ燃料事業への取り組み(国内)

自動車用燃料(液体バイオ燃料)

【バイオエタノール】北海道バイオエタノール株式会社



甜菜

資本金: 14億円
設立: **2007年**6月設立、**2009年**4月操業開始
株主: **JAグループ北海道、三菱商事**等20社

所在地: 北海道清水町 ホクレン十勝清水製糖工場内
(ブラジルの**スイングモデル**に類似)
生産量: **15,000kL/年**
原材料: 余剰甜菜、規格外小麦、余剰米
(世界でも稀な糖液・澱粉系原料への**マルチ対**

応)

- **日本初・最大規模**の本格的バイオエタノール製造事業
- **地域振興、農業資源利用の多角化**
- 日本の燃料用**バイオエタノール普及促進**

発電用燃料(固体バイオ燃料)

【木質ペレット】株式会社 フォレストエナジー門川

資本金: 5,000万円
設立: **2007年**11月
株主: 清本鐵工、**三菱商事**
所在地: 宮崎県臼杵郡門川町
原料: 杉・檜の**パーク**



バイオペレット

日本初・最大規模のバイオペレット製造事業
(**16,000トン/年**)
日本の**石炭混焼用バイオペレット普及促進**



日本政府の関連政策

1. エネルギー基本計画 (2014年4月11日閣議決定 : 経産省)
2. エネルギー白書 (2014年4月17日閣議決定 : 経産省)
3. バイオマス活用推進基本計画 (2010年12月閣議決定 : 農水省)
4. エネルギー供給構造高度化法 (2011年4月施行 : 経産省)
5. 再生可能エネ固定価格買取制度(FIT) (2012年7月1日施行 : 経産省)

エネルギー基本計画(経産省)

●エネルギー基本計画 2010 (2010年6月18日閣議決定、民主党):

以下数値目標に基づき再エネを積極導入。(但し、原発を2030年に53%迄増やす前提)

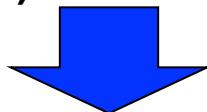
- ・ 一次エネルギー : 6% (2009) → 10% (2020) → 13% (2030)
- ・ 電力(含む水力) : 9% (2009) → 13.5%(2020) → 21% (2030)

石炭火力バイオマス混焼の促進、バイオ燃料では、エタノールを2020年にガソリンの3%に。

●革新的エネルギー・環境戦略 2012 (2012年9月14日決定、民主党):

以下数値目標の通り再エネ電力の導入目標を上方修正。(2030年代原発ゼロの前提)

- ・ 電力 (含む水力) : 10% (2010) → 18% (2020) → 30%(2030)



エネルギー基本計画 2014 (2014年4月11日閣議決定、自民党)

数値目標は一切定めず。再エネ電力については2020年に13.5%(1,414億kwh)、2030年に約2割(2,140億kwh)の参考数値のみ示し「更に上回る水準の導入を目指す」と記載。「原発は可能な限り低減」だが「重要なベースロード電源」と位置付け木質バイオマス発電を安定電源と位置付け「既存火力発電所での混焼を含め導入拡大」、「バイオ燃料は技術・国際的動向を踏まえ導入を継続」と記載。

2013年度エネルギー白書（2014年6月17日閣議決定）

「エネルギー基本計画2014」の背景にある諸情勢を以下の通り説明した**原発再稼働**の必要性を強調した内容となっている。

- 2013年度の**電力の化石燃料依存度**が過去最高の **88%** (LNG 43%、石炭30%、石油 15%) となった。
- 2012年の**エネルギー自給率**が**6%** (2010年20%) と大幅低下。
OECD加盟国34カ国中で33位となった。
- 2013年の**化石燃料輸入**は **27兆円** (2010年比 **10兆円増**)。
内原発停止による増加分を**3.6兆円**と試算。貿易赤字 11.5兆円。
- 2012年度**CO2排出量**は **13.43億トン** (2010年比 **6.9% 増**)。
総排出量の3割超の**電力会社**の排出が**1.12億トン**増えたことが原因。
- **電気料金**が震災後、**家庭用約2割**、**産業用約3割**上昇した。

バイオマス活用推進基本計画(農水省)

- 2010年12月「バイオマス活用推進基本計画」閣議決定
2020年5千億円規模の新たなバイオマス産業(6次産業)の創出



- 2012年 2～8月「バイオマス事業化戦略検討チーム」委員会
7府省横断組織「バイオマス活用推進会議」の下部組織として
設置された検討チームの委員会で推進策を議論



- 2012年9月 農水省が「バイオマス事業化戦略」を発表
「バイオマス産業都市構想」(官民合同の地域協議会の計画
に基づき民間主導でバイオマスや再生可能エネルギー関連
の新たな複合産業の創造を目指す

エネルギー供給構造高度化法（経産省）

経産省は「エネルギー供給構造高度化法」（2011年4月）で**バイオエタノール導入量**を下記の通り規定した。石油会社はオクタン価向上剤 **ETBE**（エタノール40%混合）を混入したガソリンを**バイオガソリン**の名称で販売。エタノールの調達には共同調達会社**JBSL**が一元的に行ない大半をブラジルから輸入している（※）。

単位 万KL	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
原油換算量	21	21	26	32	38	44	50 ※※
エタノール換算量 （発熱量 60%）	（35）	（35）	（43）	（53）	（63）	（73）	（83）

※ 本法運用上の判断基準「**持続可能性基準**」では「LCAベースCO2削減水準がガソリン比50%以上」、「**国産と準国産（アジア等からの開発輸入）で50%以上**」、「食料競合、生物多様性は国が評価」と規定。

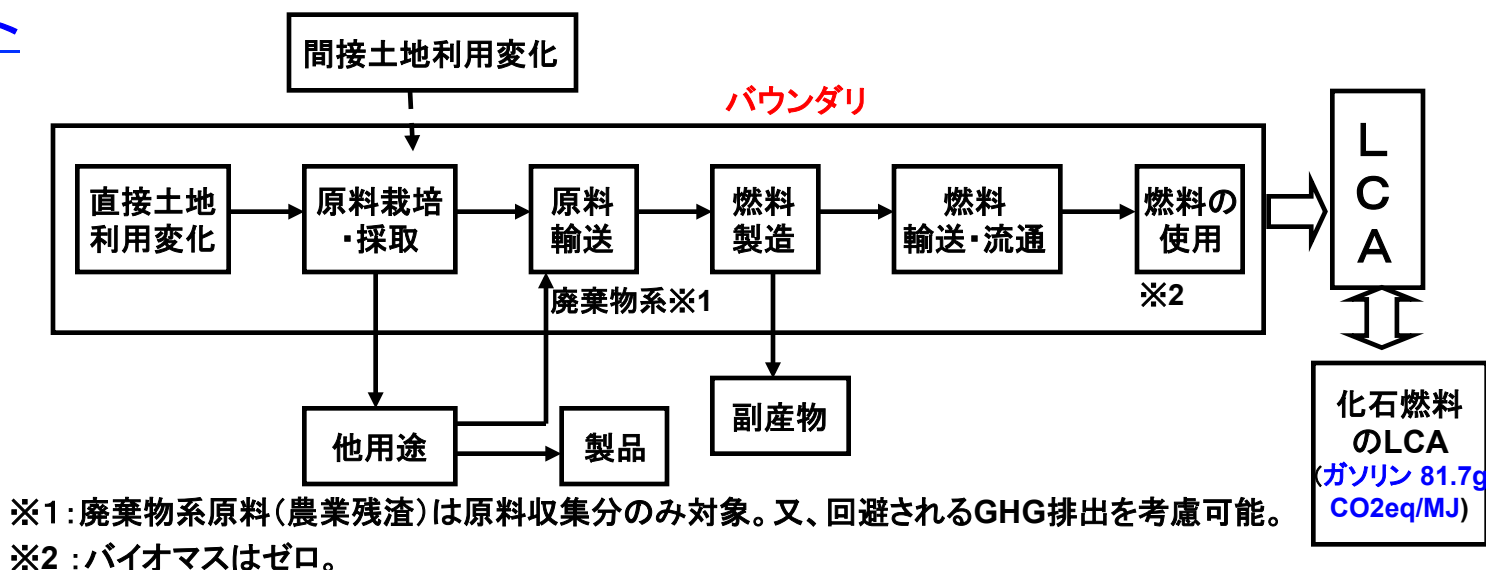
※※ 2017年の50万KL/年は、仮にガソリンが現在の3/4の4,000万KL/年に減ったとしても**1.25%相当**。

バイオ燃料導入義務化制度に伴う各国の基準

制度 (発効)	EU指令 (2009年6月)	英国 RTFO (2008年4月)	米国 RFS2 (2010年2月)	日本 エネルギー高度化法 (2011年4月)
機関	欧州委員会	RFA	EPA	経産省
適用開始	2013年4月	2011年4月	2011年1月	2011年4月
削減水準	35%以上 (2017年50%, 2018年 60%以上)	40%以上 (2017年50%以上)	20%以上 (次世代50%, セル ロース60%以上)	50%以上
土地利用変化	直接 (2007年12月末時点)	直接 (2005年11月時点)	間接 (2010年2月時点)	直接 (2012年4月1日時点)

LCAについて

1. コンセプト



2. キーポイント

(1) 算定方法:

- ①算定範囲(**バウンダリ**) — 算定免除可能な工程の設定
- ②**土地利用変化** — 直接／間接、既存農地／森林／草地
地中の炭素ストック変化を20年に均等配分計上
- ③副産物 — **アロケーション**(熱量按分／価値按分／代替法)

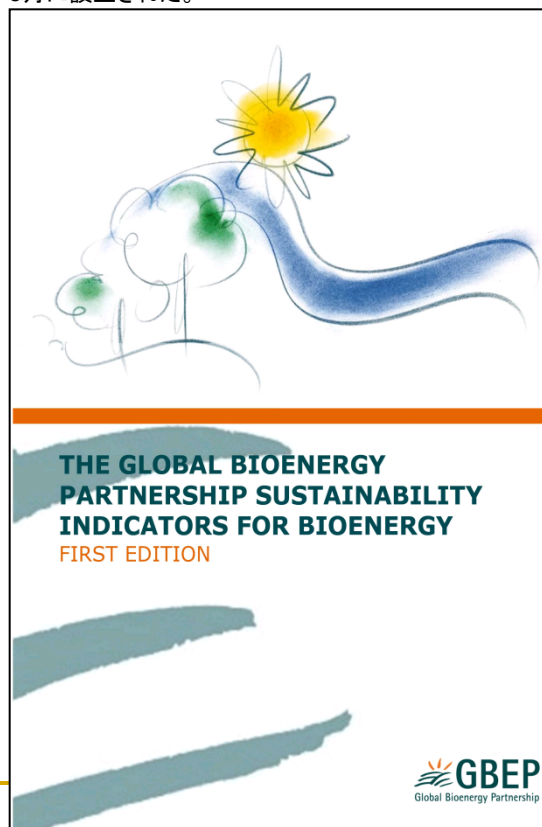
(2) GHG排出量基準値(**デフォルト値**)

原料別／国別／工程別に主要なものを対象に設定。

GBEPのバイオ燃料持続可能性指標

GBEPは、「温室効果ガス方法論タスクフォース」、「持続可能性タスクフォース」を設置し、バイオマスの持続可能性に関する検討が進めている。「持続可能性タスクフォース」では、主にバイオマスの持続可能性の基準(criteria)と指標(indicators)の検討を行っており、2011年12月には、24の持続可能性指標に関するレポートを策定し、公表している。

※国際バイオエネルギーパートナーシップ(Global BioEnergy Partnership: GBEP)は、各国首脳がバイオエネルギーの持続的発展を図ることを目的として、2006年5月に設立された。



GBEPにおける24の持続可能性指標

3つの柱	指 標
Environmental (環境)	Indicator 1 Lifecycle GHG emissions (ライフサイクルGHG排出) Indicator 2 Soil quality (土壌の質) Indicator 3 Harvest levels of wood resources (木材資源の採取基準) Indicator 4 Emissions of non-GHG air pollutants, including air toxics (大気有害物質を含む非温室効果ガスの排出量) Indicator 5 Water use and efficiency (水利用及び効率性) Indicator 6 Water quality (水質) Indicator 7 Biological diversity in the landscape (景観における生物多様性) Indicator 8 Land use and land-use change related to bioenergy feedstock production (バイオエネルギーの原料生産に関連する土地利用と土地利用変化)
Social (社会)	Indicator 9 Allocation and tenure of land for new bioenergy production (新たなバイオエネルギー生産のための土地の配分と所有権) Indicator 10 Price and supply of a national food basket (国レベルの食料バスケットの価格と供給) Indicator 11 Change in income (所得の変化) Indicator 12 Jobs in the bioenergy sector (バイオエネルギー部門の雇用) Indicator 13 Change in unpaid time spent by women and children collecting biomass (女性や子供がバイオマスを無給で収集するために費やす時間の変化) Indicator 14 Bioenergy used to expand access to modern energy services (近代的エネルギーサービスへのアクセス拡大のためのバイオエネルギー) Indicator 15 Change in mortality and burden of disease attributable to indoor smoke (屋内の煙に起因する疾患による死亡率及び負担の変化) Indicator 16 Incidence of occupational injury, illness and fatalities (労働災害、疾病や死亡の発生率)
Economic (経済)	Indicator 17 Productivity (生産性) Indicator 18 Net energy balance (純エネルギー収支) Indicator 19 Gross value added (粗付加価値) Indicator 20 Change in consumption of fossil fuels and traditional use of biomass (化石燃料消費及び伝統的バイオマス使用の変化) Indicator 21 Training and re-qualification of the workforce (労働力の訓練及び再認定) Indicator 22 Energy diversity (エネルギーの多様性) Indicator 23 Infrastructure and logistics for distribution of bioenergy (バイオエネルギー供給のためのインフラ及び物流) Indicator 24 Capacity and flexibility of use of bioenergy (バイオエネルギー利用の能力と柔軟性)

出典: GBEP: THE GLOBAL BIOENERGY PARTNERSHIP SUSTAINABILITY INDICATORS FOR BIOENERGY FIRST EDITION, December 2011

(http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/Report_21_December.pdf)

日本語訳は、農林水産省・GBEP: 国際シンポジウム「バイオエネルギーの現状と将来」講演集(2011年11月)によった。

産総研「バイオマス事業評価シミュレーション」

(独)産業技術総合研究所は、バイオマス利活用事業の**多面的評価システム**を開発。以下評価指標がアウトプットとして得られる。

1. 経済性評価(億円):

- (1) **一次波及効果**: 地域全体で合算した総売上/総収入
当該事業 + 派生的産業(原料、副資材、副産物、運送等)
- (2) **二次波及効果**: 産業連関表に基づく更なる波及効果

2. 環境性評価(%):

LCAベースのGHG削減効果(バインダリーは 1. と同様)

3. 社会性評価:

- (1) **雇用創出効果**(人): ① 直接、② 間接
- (2) **農業へのインパクト**:
 - ① 原料栽培に活用する土地の面積 (ha)
 - ② 地域の同種農産物栽培量に占める割合 (%)

バイオマス発電のFIT買取価格(経産省)

2012年7月1日のFIT導入以降、再生可能エネルギー電力は飛躍的に増大したが、**9割以上**が変動電源(VRE)の**太陽光**に偏重した為、系統接続問題等が発生した。**バイオマス発電買取価格**は以下の通りだが、**2015年4月以降「未利用木材」**の内**2MW未満**に対しては**40円/kWh(税抜)**の優遇価格を適用。その他は変更なし。

電源		バイオマス						
買取区分		ガス化（下水汚泥）	ガス化（家畜糞尿）	固形燃料燃焼(未利用木材)	固形燃料燃焼（一般木材）	固形燃料燃焼(一般廃棄物)	固形燃料燃焼（下水汚泥）	固形燃料燃焼（リサイクル木材）
費用	建設費	392万円/kW		41万円/kW	41万円/kW	31万円/kW		35万円/kW
	運転維持費（1年当たり）	184千円/kW		27千円/kW	27千円/kW	22千円/kW		27千円/kW
IRR		税前1%		税前8%	税前4%	税前4%		税前4%
買取価格 1kWh当たり	区分	【メタン発酵ガス化バイオマス】		【未利用木材】	【一般木材（含パーム椰子殻）】	【廃棄物系（木質以外）バイオマス】		【リサイクル木材】
	税込	40.95円		33.60円	25.20円	17.85円		13.65円
	税抜	39円		32円	24円	17円		13円
買取期間		20年						

FIT制度の運用見直しに係る様々な動き

1. 本年1月以降 FIT制度運用見直しに関わる様々な動き。

⇒バイオマス発電事業推進に影響大

- (1) 1月: 出力抑制の適用 (← 昨年末の電力会社接続拒否問題)
- (2) 4月以降: 2MW未満未利用木材 ⇒ 40円/kWh を適用
- (3) 4月末: 2030年エネルギーミックスでバイオマスは 約4%
- (4) 3月以降検討: 「回避可能費用」の見直し(市場連動化)案

2. 背景となった課題:

- (1) 太陽光発電への偏重 (VRE問題) ⇒ バランス運用
- (2) 国民負担(賦課金)の増大 → PPSによるサヤ取りの是正

FITを巡る各プレイヤーの事業環境

・再エネ発電事業者:

- *収入:
 - ・電力会社へ FITタリフ で売電
 - ・**新電力 (PPS) へ FITタリフ + α で売電**
- *コスト: 発電事業のOPEX / CAPEX (プロファイ等で資金調達)

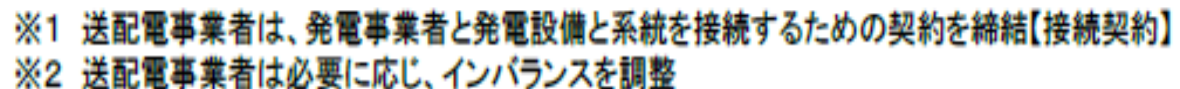
・小売り事業者 (電力会社 / 新電力): **FIT買い取り義務者**

- *収入: 需要家へ売電 (総括原価方式 → 2016年4月から小売り自由化)
- *調達コスト: **自前電源 (現在電力会社がほぼ独占)**
他社電源、**FIT電源 (回避可能費用)**、取引市場調達

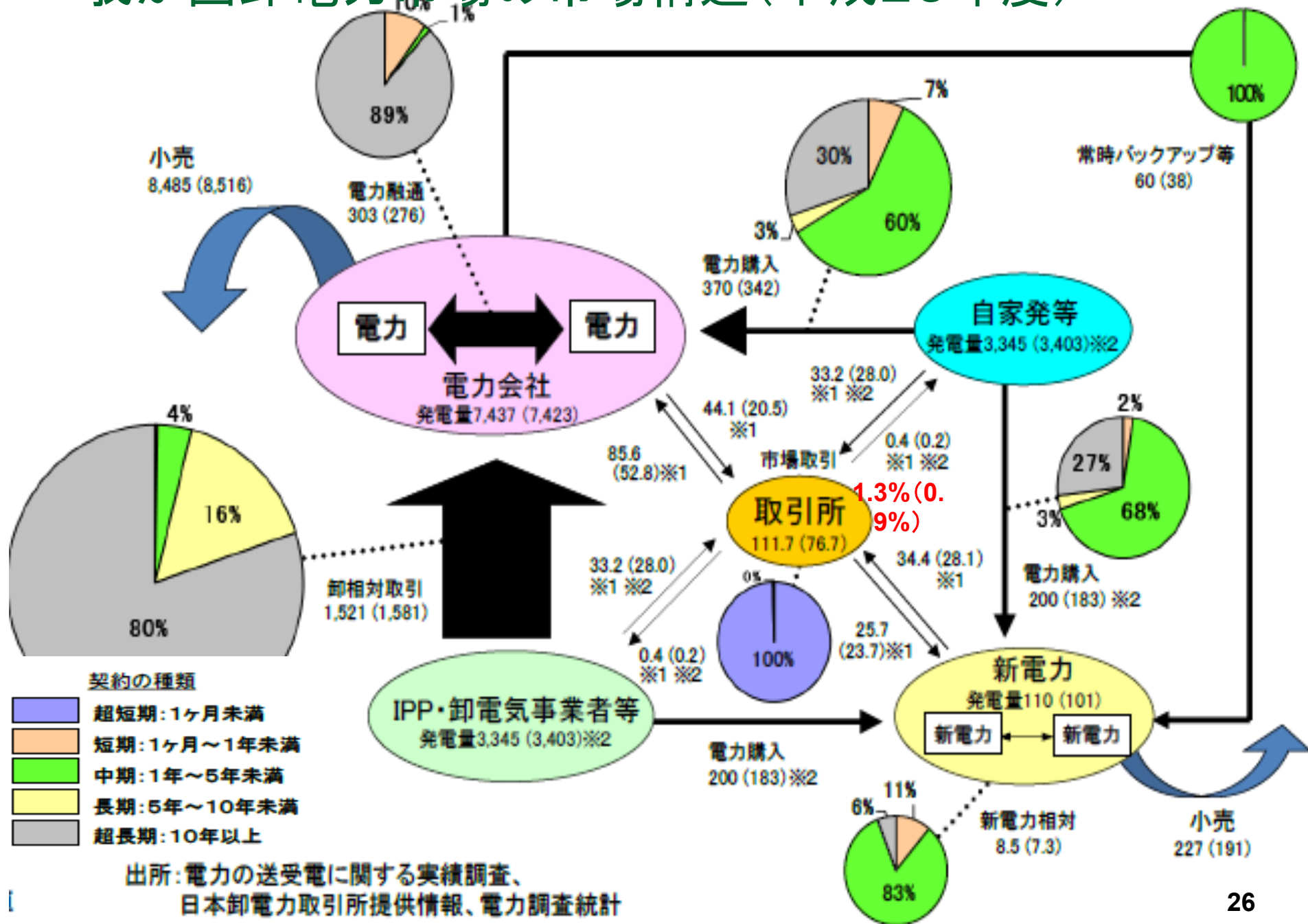
・電力需要家:

- *電力コスト: 総括原価 + **再エネ賦課金 (FITタリフー回避可能費用)**
- * エネルギー多消費型産業はFIT減免制度、約8割免除

FITタリフ $\div$ 回避可能費用 + 賦課金
回避可能費用 $\div$ FITタリフ - 賦課金
賦課金 $\div$ FITタリフ - 回避可能費用



我が国卸電力市場の市場構造(平成25年度)



2030年の電源構成・発電電力量の目標

2030年度 電源構成・発電電力量

			(2013年度)
・ 石油	315 億kWh	3%	(15%)
・ 石炭	2,810 億kWh	26%	(30%)
・ LNG	2,845 億kWh	27%	(43%)
・ 原子力	2,317～2,168億kWh	22～20%	(1%)
・ 再エネ	2,366～2,515億kWh	22～24%	(11%)
合計	10,650 億kWh *	100%	(100%)

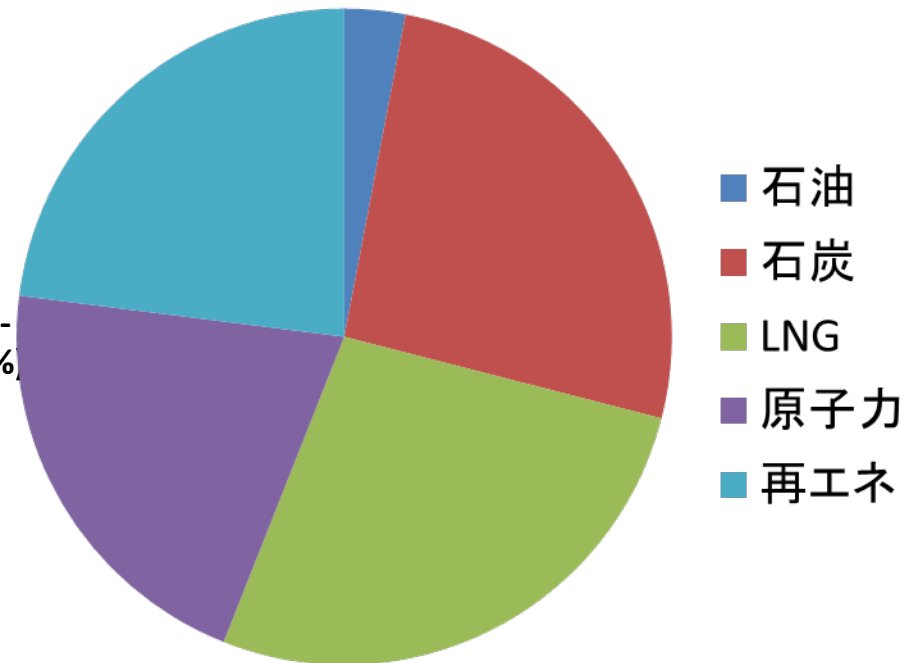
(* 省エネ対策により 電力需要見込から17% 削減して、消費量を 9,808億kWh に抑制する前提で試算した発電電力量)

上記再エネの内訳 (カッコ内は構成比**)

・ 太陽光	749億kWh	7.0%	(30%)
・ 風力	182億kWh	1.7%	(7%)
・ 地熱	102～113億kWh	1.0～1.1%	(5%)
・ 水力	939～981億kWh	8.8～9.2%	(39%)
・ バイオマス	394～490億kWh	3.7～4.6%	(19%)

(** 最大導入ケースの場合の比率を記載)

比率



バイオマスは全電力の 約 4% 相当

2030年CO2削減目標: 2013年比 ▲

26%

2030年のバイオマス発電の導入目標

	2014.11時点実績	2030年度目標（増加率）	追加設備導入容量
1.未利用間伐材等	3万kW	24万kW（8倍）	+ 21万kW
2.建設資材・廃棄物	33万kW	37万kW（1.1倍）	+ 4万kW
3.一般木材・農業残渣	10万kW	274 ～ 400万kW（27.4～40倍）	+ 264～390万kW
木質バイオマス合計 （上記1～3の合計）	46万kW (32億kWh)	335 ～ 461万kW（7.3～10倍） (220 ～ 310億kWh)	+ 289 ～ 415万kW (+188～278億kWh)
4. バイオガス（メタン）	2万kW	16万kW（8倍）	+14万kW
5. 一般廃棄物等	78万kW	124万kW（1.6倍）	+ 46万kW
6. RPSから移行した分	127 万kW	127万kW	
バイオマス発電合計 （上記1～6の合計）	252万kW (177億kWh)	602 ～ 728 万kW（2.4～2.9倍） (394 ～ 490億kWh)	+349 ～ 475万kW (+217～313億kWh)

木質バイオマス発電の形態別・規模別での状況分析・予測

	規模 ・ 形態	原料収集	関連する技術・システム等					発電容量予測 (2030年度目標)
			熱電併給	ガス化	流動床	微粉炭B	Torrefaction	
専焼	1000kW未満	森林組合単位	◎	○				5万kW (100件)
	1000～2000 kW	森林組合単位	○	◎				15万kW (100件)
	2000 ～ 1万kW	広域収集		△	△		△	30万kW (60件)
	1万 ～ 2万KW	広域 + 輸入			○		○	30万kW (20件)
	2万kW～(平均5万kW)	広域 + 輸入			◎		○	100万kW (20件)
混焼	既存 自家発 (1千万kW)	広域 + 輸入			○	◎	◎	100万kW(10%混焼)
	新設石炭火力 (2千万kW) の半分～全部で混焼	広域 + 輸入			○	◎	◎	100-200万kW(同上)
FIT対象案件合計：		専焼 180万KW + 混焼 200～300万KW =						<u>380～480万kW</u>
9電力	石炭火力 (4千万kW)	広域 + 輸入				◎	◎	200万KW(5%混合)

2030年度の木質バイオマス発電導入目標：335万KW～461万kW

エネルギー源としての7つの評価軸と2つの視点

- | | | |
|----------|---|-----------------|
| 1. 効率性 | ⇒ | EPR、エネルギー密度 |
| 2. 利便性 | ⇒ | 貯蔵、輸送・移送、物流 |
| 3. 供給安定性 | ⇒ | 供給量・価格変動リスク |
| 4. 安全性 | ⇒ | 操業リスクと対策、危険物 |
| 5. 経済性 | ⇒ | LCC、波及効果（一次・二次） |
| 6. 環境性 | ⇒ | GHG削減、副産物・廃棄物処理 |
| 7. 社会性 | ⇒ | 雇用創出、他産業へのインパクト |

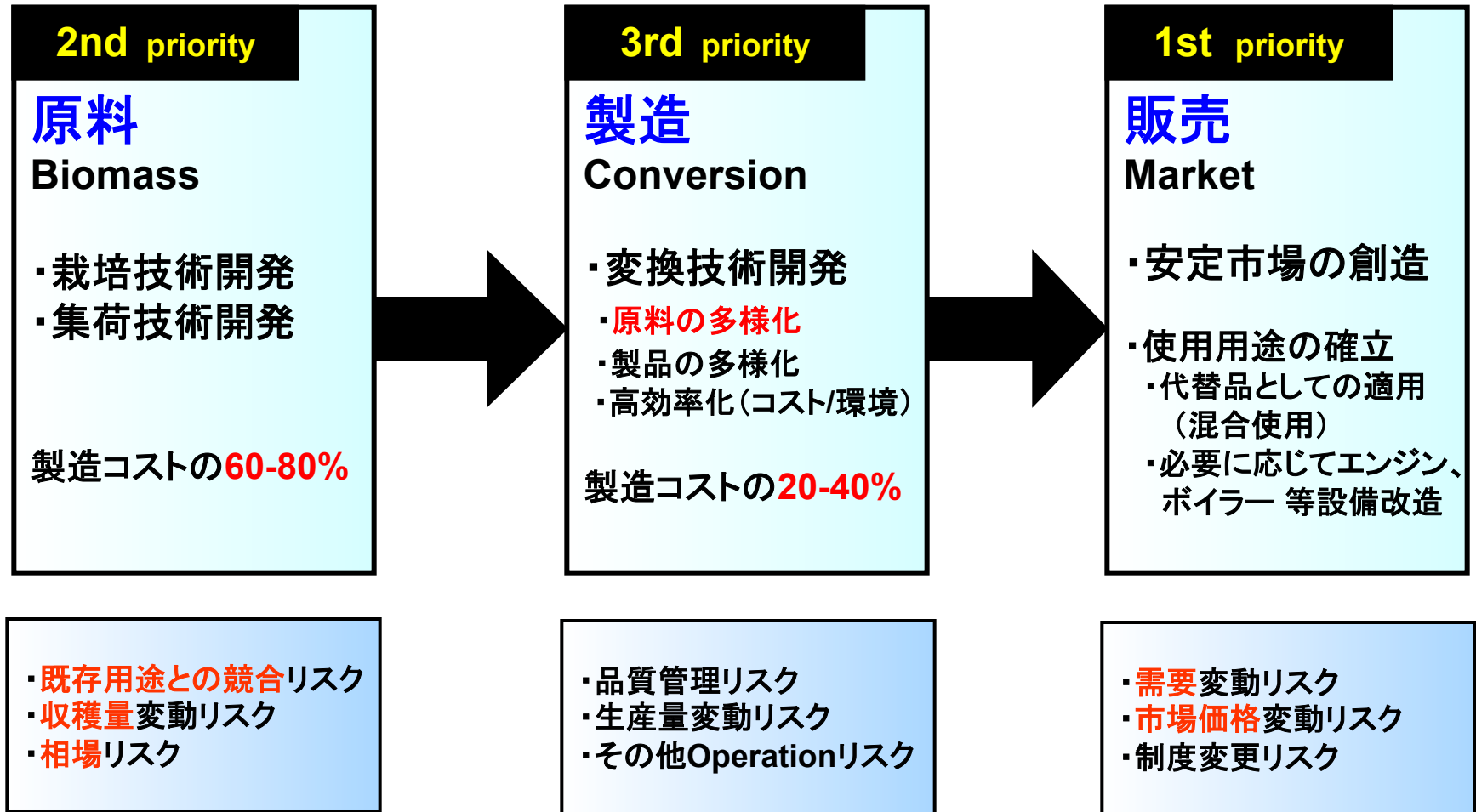
プラス技術成熟度と供給余力の2つの視点を加味した多面的総合評価

輸送用燃料のポートフォリオ

エンジン	燃料種類	効率性	利便性	供給 安定性	安全性	経済性	環境性	社会性	技術 成熟度	供給 余力
ガソリン	ガソリン	◎	◎	◎	○	◎	×	×	◎	△
	エタノール	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○
	ブタノール	◎	◎	○	○	△	○	◎	△	○
	電気	○	△	△	○	△	○	◎	△	○
ディーゼル	ディーゼル	◎	◎	◎	○	◎	×	×	◎	△
	BDF	◎	◎	○	○	△	○	◎	○	△
	BTL	○	◎	○	○	×	△	◎	△	○
ジェット	ケロシン	◎	◎	◎	○	◎	×	×	◎	△
	Bio SPK (油脂原料)	◎	◎	△	○	△	○	◎	○	△
	Bio SPK (熱分解)	◎	◎	△	○	×	△	◎	△	○

※上記評点は飽く迄参考であり、今後議論していく必要がある。

バイオ燃料産業のサプライチェーン



第1世代と第2世代バイオ燃料の共生

第2世代バイオ燃料とは？

- 非可食原料由来のもの（農業残渣・木質系セルロース、資源作物系、Micro Algae）
- 次世代変換技術によるもの（セルロース変換、Pyrolysis、BTL etc）

2010年

2015年

2020年

2025年

2030年

第1世代バイオ燃料

第2世代
バイオ燃料

農業残渣

資源作物

木質系

Micro Algae

非可食原料由来

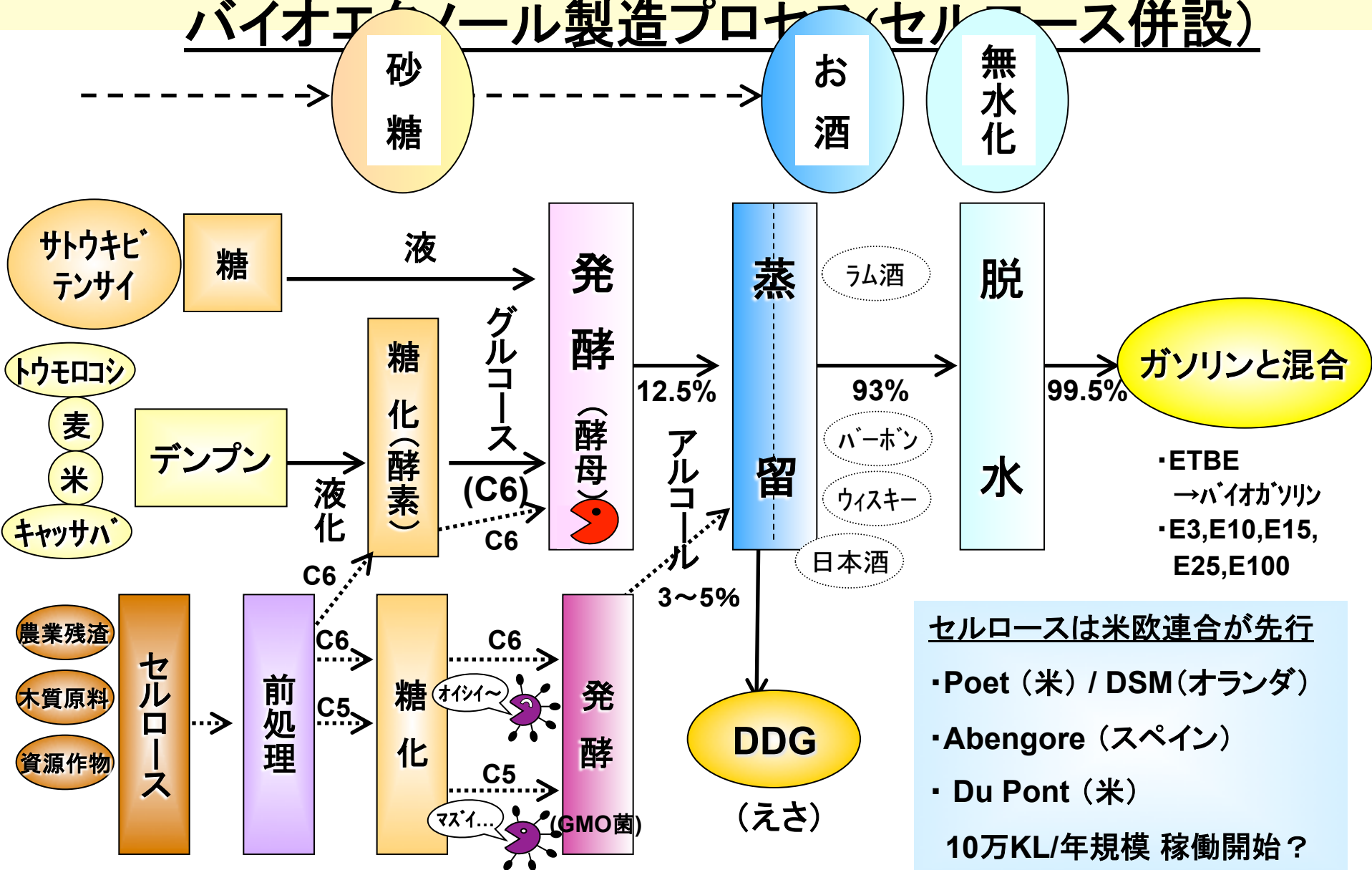
セルロースエタノール

Pyrolysis

BTL

次世代変換技術

バイオエタノール製造プロセス(セルコース併設)



日本の主なセルロースエタノール開発プロジェクト

研究グループ	主要メンバーと担当分野				補助金	原 料	サイト	Remarks
	前処理	糖 化	発 酵	その他				
バイオエタノール 革新技術研究 組合	JX(アルカリ)	サッポロ JX	サッポロ JX	トヨタ 東レ 鹿島	NEDO	ネピアグラ ス他 (トヨタ・鹿 島・東大)	東南アジア	6社協議会 (JX、トヨタ、 三菱重工、サッポロ、東 レ、鹿島) + 東大
近畿バイオインダ ストリー研究推進 委員会 (BFC)	トヨタ中研 (圧搾・水蒸気 処理)	月持冠 豊田中研	神戸大学 (アーミング酵母) サントリー	鹿島 関西化学	NEDO	稲わら	神戸・大阪他 個別に研究	12企業と8大学 CBP
産総研バイオマ ス研究センター (→王子製紙)	水熱+ メカノ ケミカル	アクレモニウム菌 で高温耐性酵素の On Site 生産		GMO酵母 (C5/C6発酵)	経産省	木質系 その他	広島県呉	・米NRELに研究者派遣 ・王子製紙・新日鉄エン ジにプラントを移管
兵庫県ソフトセル ロース利活用 プロジェクト	三菱重工 (水熱)	白鶴	神戸大 (アーミング酵母)	関西化学	農水省	稲わら	三菱重工神戸	JA兵庫が稲わら供給
GEI /RITE (米NRELと提携)	(NREL)	(NREL)	RITE菌	(NREL)	無し	コーン ストーバ	千葉県かずさ	RITE菌はGMOコリネ菌 菌体非増殖C5/C6発酵
バイオエタノール 関西	月島 (希硫酸)	C6のみ	月島(KO11) サッポロ	丸紅 大成	NEDO	廃木材	大阪(堺) タイ、インドネシ ア	米Verenium(元BCI)の 発酵菌KO11がベース。 酵素糖化併用法に転換
日揮 (米Blue Fire)	日揮 (濃硫酸)	非適用	日揮 (熊本大)		NEDO	都市ゴミ	鹿児島出水 米国	米BlueFire(元Alkenol) の濃硫酸法がベース

米国の主なセルロースエタノール実証プロジェクト

企 業	生産開始予定	生産規模	前処理	糖化	発酵
POET-DSM	2013年末	10万KL/年	Andritz 2段 爆砕(希硫酸)	DSM(独)	GMO Z菌C5/C6 (Perdue大学)
Vercipia (BPが Verenium買収)	BPが撤退表明	9万KL/年	希硫酸法	C6用酵素	KO11+酵母 (2段発酵)
Mascoma	2013年末	8 万KL/年	自社	CBP	GMO酵母C5/C6
BlueFire(日揮)	?	7 万KL/年	濃硫酸法	C5/ C6	GMO酵母
Abengora	2013年末	9万KL/年	希硫酸法	Novozyme	2段発酵
Chemtex 伊 米	2013年末 2014年	4万KL/年 8万KL/年	Andritz 2段 爆砕	Proesa	2段発酵
DuPont(Genenc or買収)	2014年	11万KL/年	AFEX (アンモ ニア爆砕)	Genencor	GMO Z菌C5/C6 (Perdue大学)

立ち上げ間近と言われているセルロース系バイオ燃料事業



Cellulosic Biofuels Industry is Emerging Now

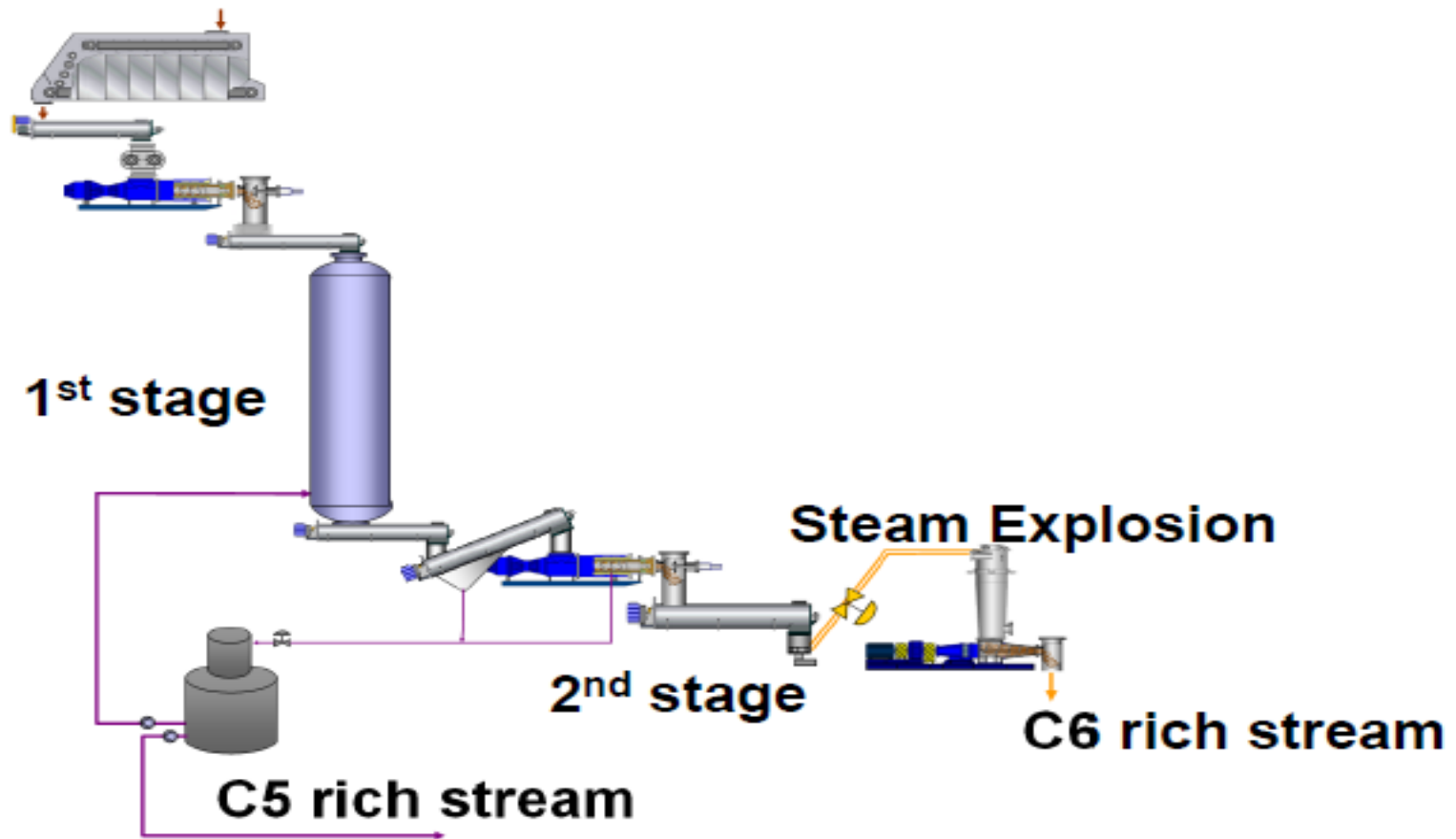


18

Large-scale facilities that are under construction or planned. Capacity in million U.S. gallons per year
Source: publicly available information.

the energy crop company®

Andritz 2段爆碎前处理装置



セルロースエタノールで検討すべきポイント

1. 米国等との正しいベンチマークの把握
2. 商業展開に於けるビジネスモデルの想定
 - (1) 汎用品エタノールを目的生産物とするという認識
 - (2) どこで生産するのか？ (Location Factor)
 - (3) 生産量の設定 (販売量見合い)
 - (4) 原料の選定
 - (5) 製造コストのターゲット (2008年NEDO設定目標: 40円/L ⇒ 80~100円/L)
3. 上記2.を前提とした製造プロセス開発の方向性
 - (1) 日本の企業グループ毎の技術開発の取組み継続
 - (2) All Japanとしての技術確立の取組み
 - (3) **Global Open Innovation**による推進 (米国等とのAlliance)

(2013年3~7月 エネ庁「**第2世代バイオ燃料の戦略検討会**」にて議論)

セルロースエタノール製造コストのターゲット

● 40円/ℓのコストターゲットの前提:

2008年	原油価格	US\$50/Barrel =¥6,000/Barrel (¥120/US\$) =¥37.5/ℓ → <u>40円/ℓ</u>
〔 米国トウモロコシ エタノール		US\$1.6~1.9/Gallon =US\$0.42~0.5/ℓ → <u>40円/ℓ</u> 〕

● 現時点での妥当なコストターゲット:

米国トウモロコシエタノール	: US\$2.20/Gallon (=52円/ℓ)
Tax Credit Incentive	: US\$1.01/Gallon
After Incentive	: US\$3.21/Gallon =US\$0.85/ℓ =77円/ℓ (90円/US\$) → <u>80円/ℓ以</u>

草本系と木質系原料の前処理方法の違いについて

1. 種類によるバラつきはあるものの、草本系と木質系の原料の一般的な組成の違いはおおよそ以下の通りである。即ち、木質系原料の方がリグニン含有量が多く細胞構造が強固である。

	セルロース	ヘミセルロース	リグニン
草本系	32 ～ 38 %	31 ～ 42 %	3 ～ 6%
木質系	24 ～ 40 %	25 ～ 50 %	10 ～ 30 %

2. この組成の違いから木質系は草本系に比べて分解が困難である為、前処理工程の複雑化、エネルギー投入量増大が避けられぬのが一般的である。
又、糖化・発酵を阻害するリグニンを前処理で分離・除去する必要がある。
3. 従い、草本系には希硫酸法、アルカリ法、水熱法(含む爆砕)等の前処理法が適用されるが、木質系は厳しい反応条件が必要なので、酸分解又はアルカリ蒸解に湿式摩砕を組合わせた様な前処理法とする必要がある。
次ページにて、日本の代表的な前処理法であるメカノケミカル・パルピング法と水熱分解法について公開資料に基づき比較する。

アルカリ蒸解法と水熱分解法の比較

前処理方法	原料適用性		プロセスの優位性	課 題
	原料	適用性		
効率的・低コストな蒸解法 (アルカリ蒸解+湿式摩砕) 原料：1-刈 前処理回収率：80% 酵素糖化率：80% ※H25.3.8 第2世代バイオ燃料の戦略検討会発表資料	草本系	△	—	● 木質に比べ分解し易い草本系原料には過大設備にて製造コスト（設備費、薬品代、摩砕動力費等）が高くなってしまう ● マデハン設備の改造が必要 ● リグニンが少ない為、木質で確立したエネルギー自立プロセスが適用出来ない
	木質系	○	● パルプ回収装置として実績のあるプロセス（但し、エタノールプロセスへの適合については未知。特に経済合理性の検証が必要） ● リグニン（黒液）の回収によるエネルギー自立プロセスが確立されている ● 製紙工場との併設が可能である（但し、払出しインフラの整備が必要）	● 微細繊維流出による前処理収率の低下 ● 糖化・発酵阻害の雑菌コンタミ防止が必要 ● 単価の安い目的生産物に適應し得るコストダウンの可能性見極めが急務
水熱分解法 原料：バガス 前処理回収率：90%（C6） ：83%（C5） 酵素糖化率：95%（C6） ：85%（C5） ※H25.3.5 リオセル-スリ活用技術確立事業成果発表会	草本系	○	● 糖収率が高く、過分解物生成が少ない ● 連続処理プロセスが確立済み ● 雑菌コンタミの影響を受けない（殺菌効果） ● 薬品未使用（薬品廃棄物処理不要） ● 第一世代エタノール工場との併設が可能（原料受入から製品払出し迄のインフラの兼用が可能。又、前処理設備レトロフィットによる対応も可能）	● 大型化装置（実機）での稼働実証が必要 ● 高糖濃度化には前処理液の濃縮操作が必要
	木質系	△	—	● 草本に比べ分解し難いので、湿式摩砕処理を追加する等の設備改造が必要 ● リグニンの分離・回収の為の追加設備が必要

世界の農業系セルロース資源の賦存量

Availability of agricultural residues in 2007

Unit: Mt dry/yr

Corn: stalks + cobs + husks

Rice: straws + husks

Wheat: straw

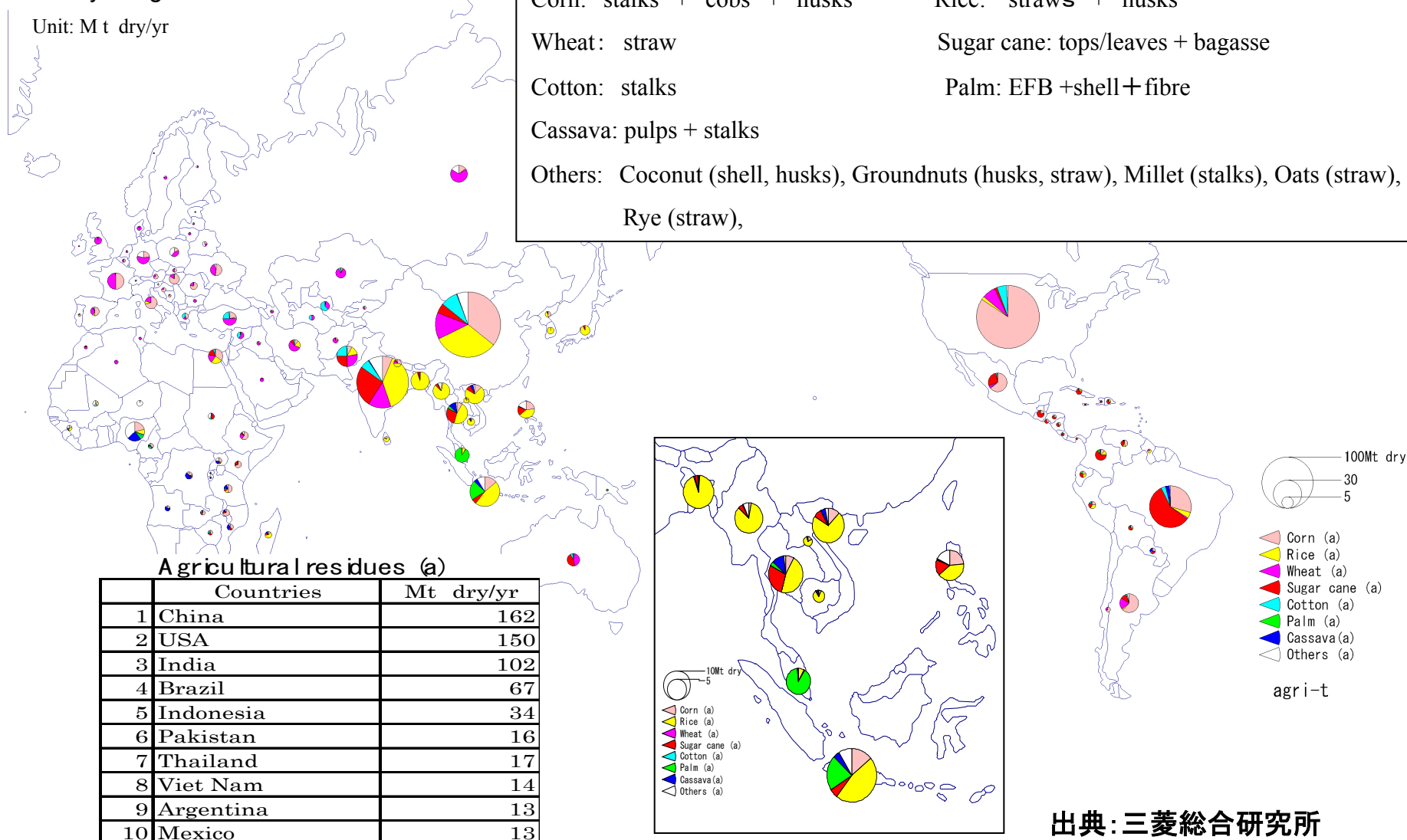
Sugar cane: tops/leaves + bagasse

Cotton: stalks

Palm: EFB + shell + fibre

Cassava: pulps + stalks

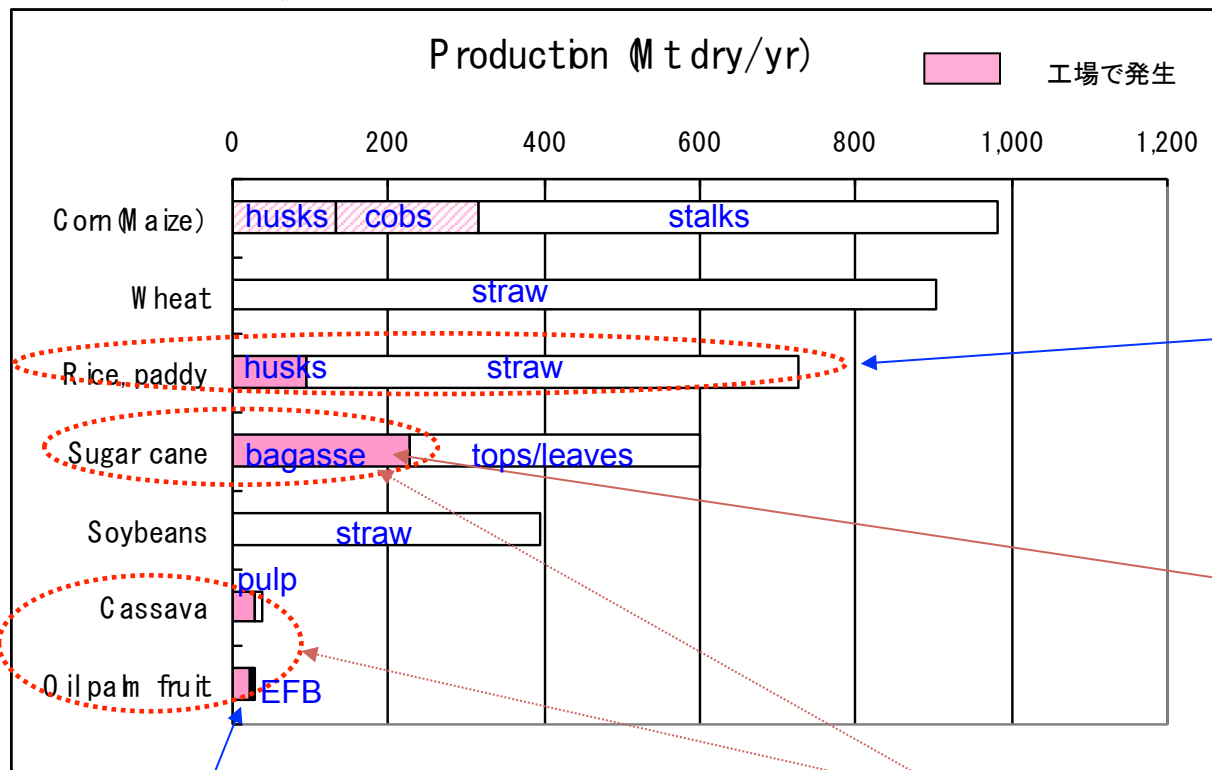
Others: Coconut (shell, husks), Groundnuts (husks, straw), Millet (stalks), Oats (straw), Rye (straw),



出典: 三菱総合研究所

世界の農業系セルロース資源の発生状況

農業系セルロースバイオマス資源の発生状況(世界、2007年)



アジアで豊富に存在するバイオマス資源。

ただし、わらの利用には、農地からの効率的な収集システムの開発が必要。

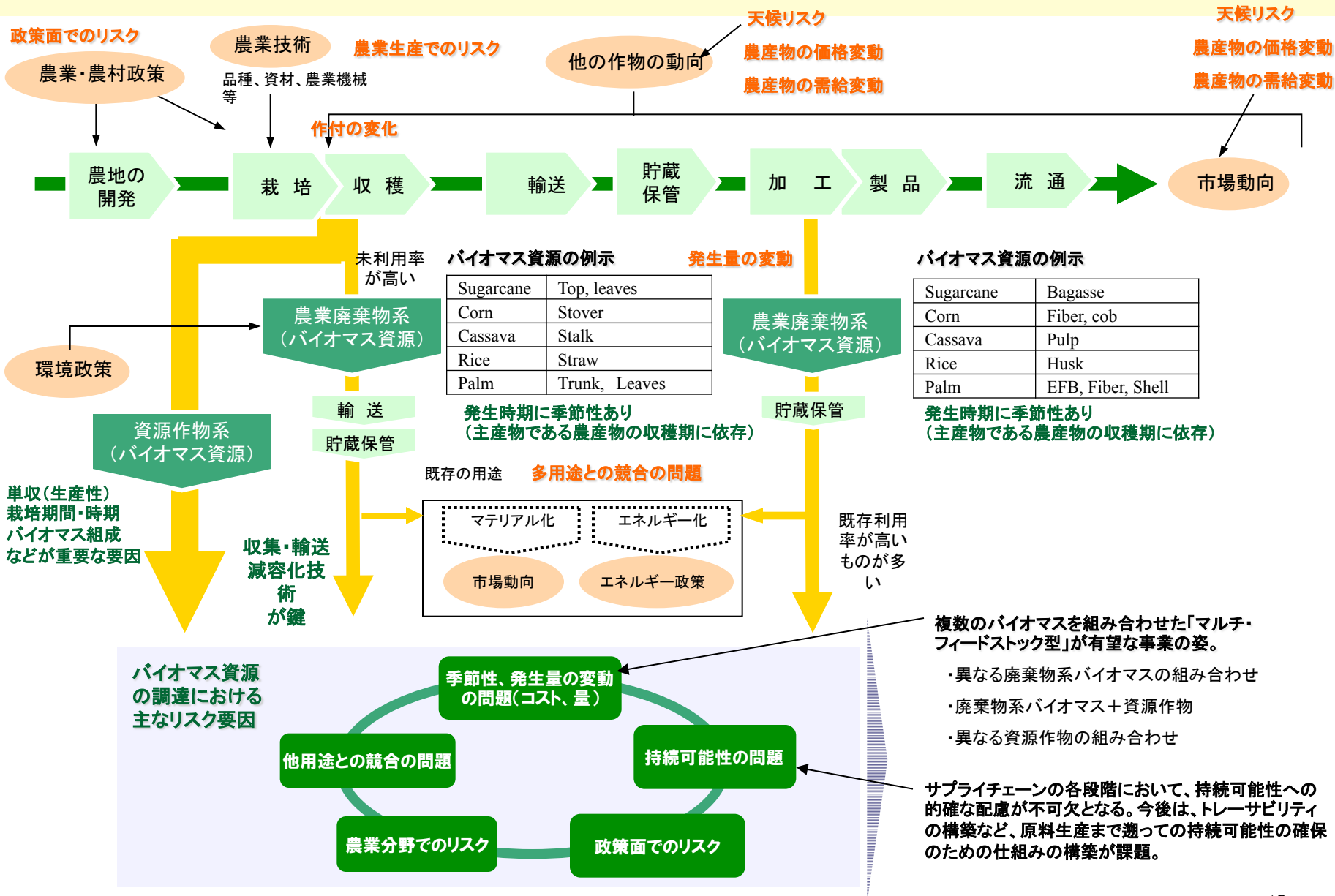
バガスの多くは既に工場の燃料として利用されているが、発生量が多いので、余剰分に限ってもその資源量は比較的大きい。

キャッサバの搾りかす、パームの空果房は、工場が発生しており、資源量としても比較的大きい。

他の作物に比べると、栽培地域が比較的集中しており、まとまった量を確保し易い

サトウキビとキャッサバの栽培地域が重なる場合には、サトウキビ、キャッサバの両方のセルロース系資源を利用する事業展開が有望

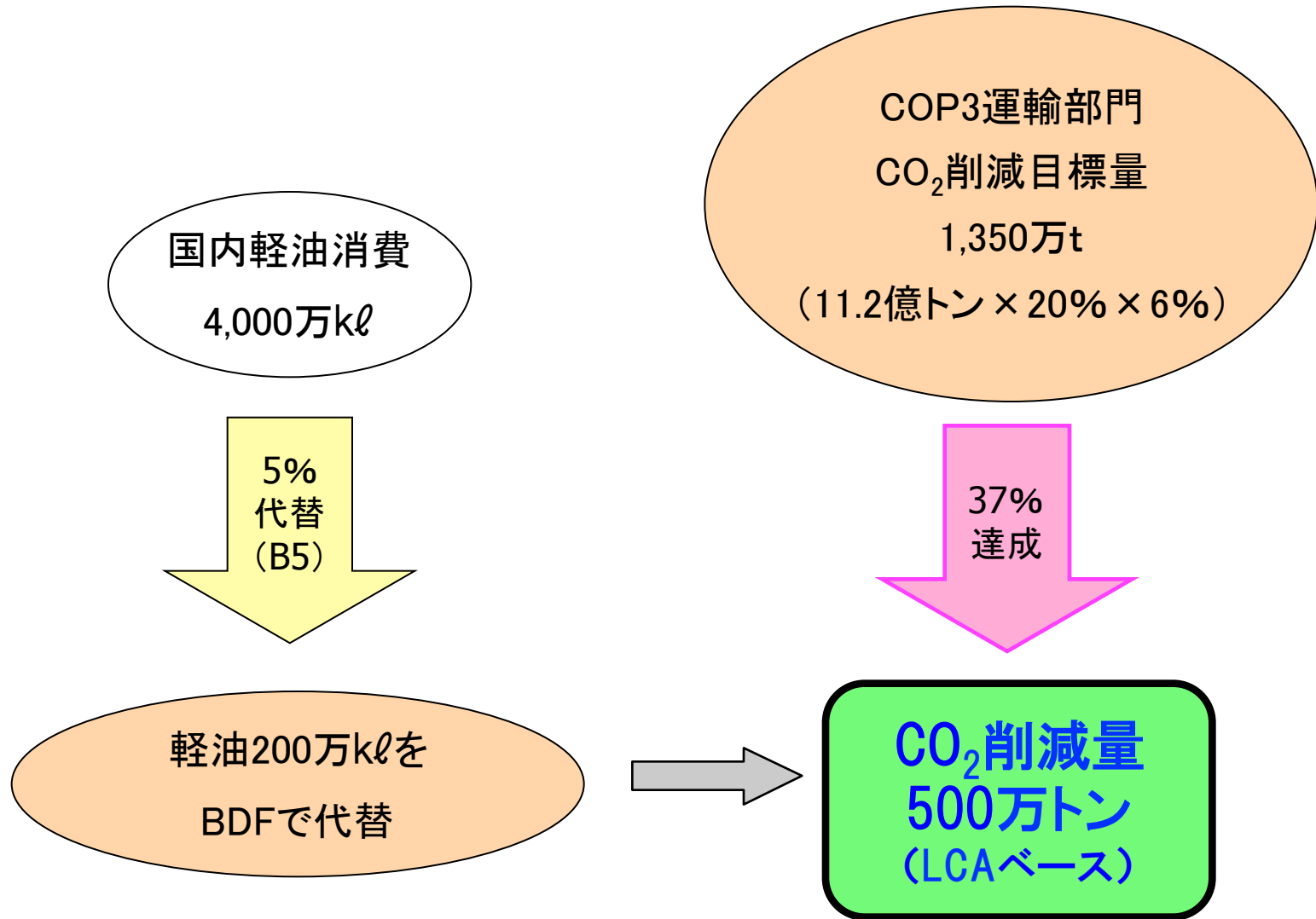
セルロース系バイオマス資源のサプライチェーンと調達上のリスク要因



車輜燃料用途でのBDF

- ◆ 循環型社会・CO₂削減を目標とした自治体等の自主的取組：
地方自治体等で自己利用(バス・ゴミ収集車等)を目的とした動きが拡大。主に廃食油、一部菜種油を原料としている(例:京都市、滋賀県菜の花プロジェクト)。
- ◆ 軽油引取税：
現行法制度上は、BDF100%は軽油引取税(32.1円/L)は免除だが、軽油に混合した場合は、混合したBDFについても軽油引取税が課税される。
- ◆ 品質：
品質については、製造方法によって千差万別。製造工程で発生する不純物(グリセリン・メタノール・油脂により発生するスラッジ等)が十分除去されていないケースもある。一部では自動車に不具合が発生した事例もある。
⇒ バイオディーゼルに関する品質の検討(経済産業省)
⇒ バイオディーゼル100%車の研究 (国土交通省)

BDF導入によるCO₂削減効果



BDFの内容物

内容物	含有量 (市販BDF分析値)
脂肪酸メチルエステル (R-CH ₂ -COOCH ₃)	93-98%
不純物 未反応油脂、モノグリセライド、ジグリセライド、 MeOH、グリセリン、石鹼、脂肪酸、 アルカリ金属(触媒)、メチルエステル重合物、 色素、無機物(SiO ₂ , Al ₂ O ₃) など	2-7%

不純物含有量はメーカーにより異なる

BDF混入不純物と主なエンジントラブル

混入不純物	エンジントラブル(例)
脂肪酸、MeOH、 塩素イオン、水分	金属腐食 燃料供給ラインの劣化 ゴムの膨潤 など
モノグリセライド、ジグリセライド、 トリグリセライド、グリセリン、 石鹼、脂肪酸、アルカリ金属 など	燃料フィルターの詰まり 燃料供給ポンプ内での堆積
無機物(SiO_2 , Al_2O_3 など)	構造材料の磨耗

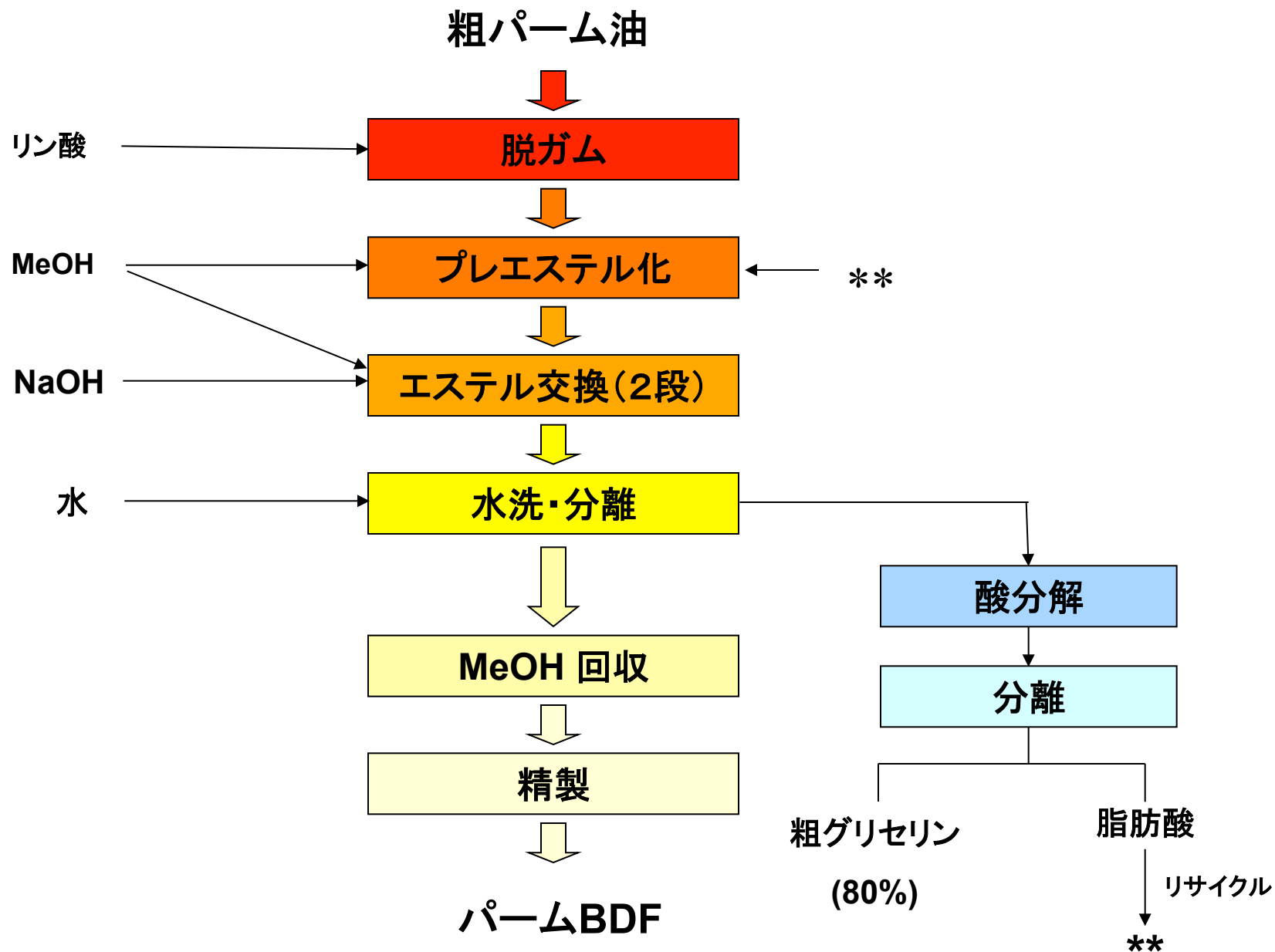
エンジントラブルのリスク低減化のためには、
高純度BDFの製造が必須

BDF の原料組成と物性

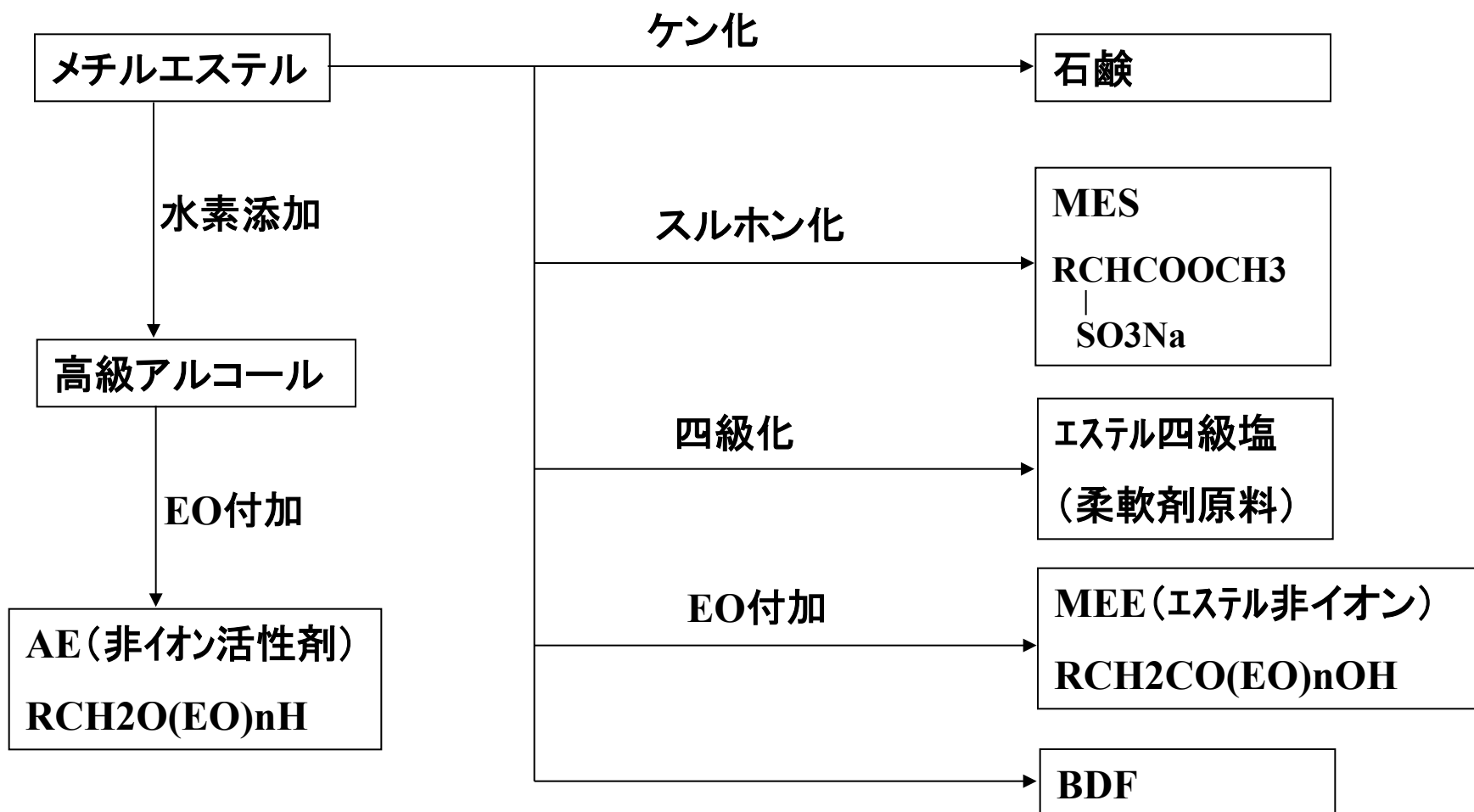
	原料油脂	脂肪酸の炭素鎖長分布									BDFのCFPP	BDF混入不純物の融点 (℃)				
		C8～C10	C12	C14	C16	C18	F1	F2	F3	C20		石 鹼	脂肪酸	モノグリセライド	ジグリセライド	トリグリセライド
ラウリン系	ヤシ油	20	50	20	6	4	9				-8 ～-9	>200	5-10	5-20	5-20	5-20
	パーム核油	10	50	15	8						-8 ～-9	(C12の場合)				
オレイン系	ナタネ油				4	2	57	27	12		-4	>200	< 0	< 0	< 0	< 0
	ダイズ油				8	5	30	55	5		+3	(C18F1,F2の場合)				
	ヒマワリ油				5	3	30	60	1		-1～+2					
パルミチン／ステアリン系	粗パーム油				45	5	44	9		1	+13	> 200	60-70	70-80	60-80	65-70
	RBDパーム				45	5	44	9		1	+13	(C16の場合)				
	RBDステアリン				60	5	30	6		1.5	+24					
	RBDオレイン**				25	3	57	12			+5					
脂肪酸メチルエステル		-25 ～ -37	-5	+19	+30	+39	-15	<-25	<-25	+55						

** :Double wintering 品

製造プロセスフロー



メチルエステルの用途



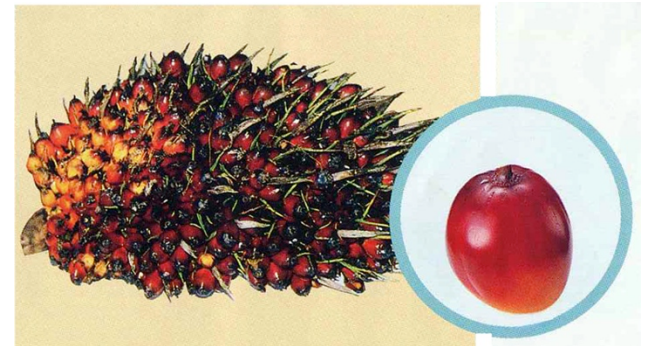
パームについて



パーム農園



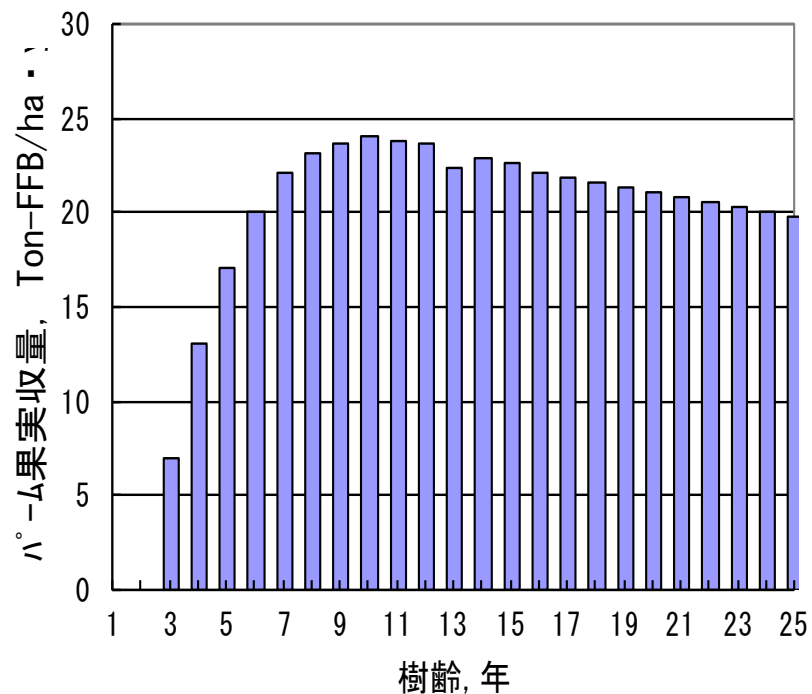
パーム樹木



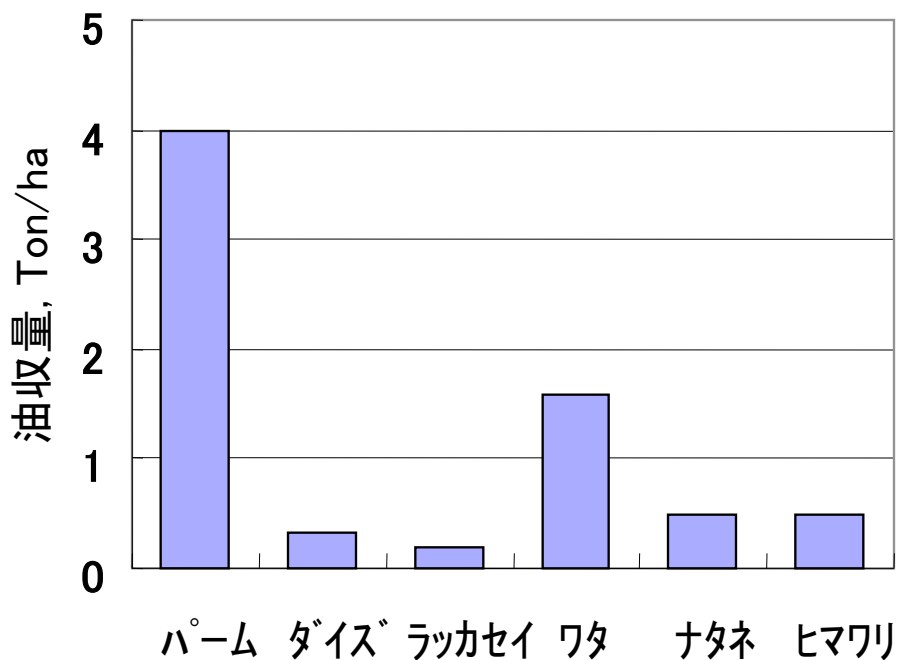
パーム果実

パーム油収量

パーム果実収量, T/ha y

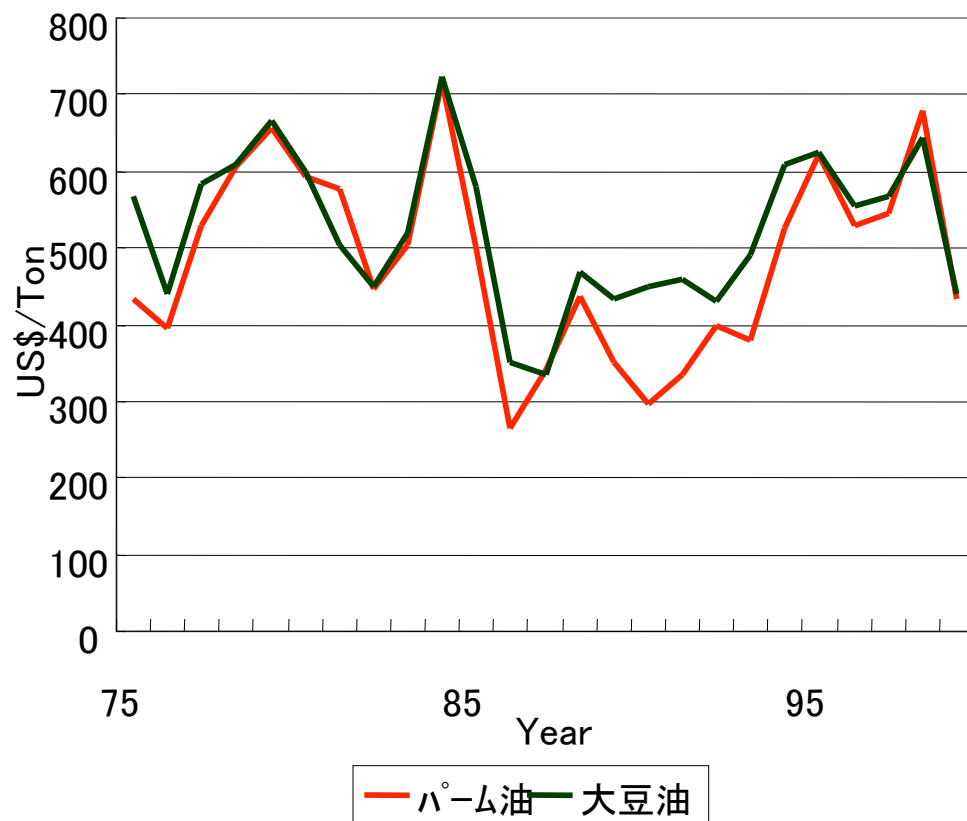


植物油収量の比較

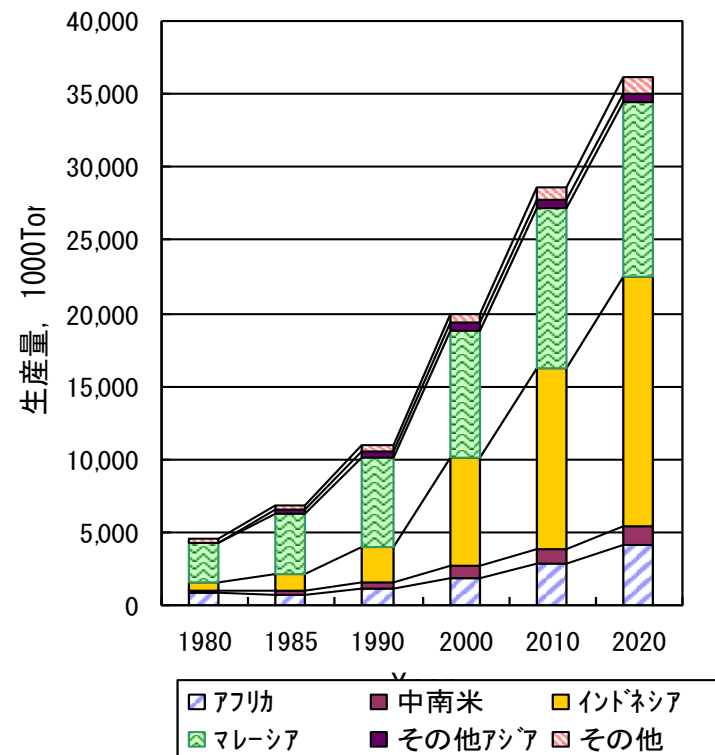


パーム油価格／生産量

パーム油, 大豆油価格(北欧市場)



世界のパーム油生産量推移



マレーシア／インドネシアで2,000万t。
原料(CPO)供給余力有り。
両国政府ともBDF輸出に前向き。

バイオジェット燃料(Bio SPK)の製造方法

● 油脂系バイオマス原料:

農業系既存原料
(菜種油、大豆油、パーム油 他)

資源作物(カメナ、ジャトロファ、カリナタ他)

Micro Algae(微細藻類)

- ・食との競合の危険性がある為対象とされないもの
- ・当面、主に対象と考えられているもの
- ・技術開発見合いで将来対象となるもの



水素化
異性化
精製



Bio SPK

● その他バイオマス原料:

セルロース系バイオマス

廃棄物系バイオマス



熱分解
(Pyrolysis)
(BTL)

バイオジェット需要創造の動き

- ・IATA のCO2削減国際公約:
 - ・ 2020年以降増加しない (6%混合)
 - ・ 2050年半減 (2005年比)
- ・Boeing目標: 2015年230万KL (1%)
- ・ASTM 規格: 2012年7月 (50%混合)
- ・EU-ETS規制: CO2 15%以上削減
- ・ 航空会社によるデモ・商業フライト
- ・ 米海軍によるデモフライト

バイオジェット燃料(カメリナ/カリナタ)

カメリナ (Camelina Sativa)

菜種的一种。小麦、大麦の輪作物として利用されている。種子から絞られる油は、バイオディーゼル燃料の原料としても注目され、**バイオジェット燃料の試験飛行**にも広く利用されている。

1. 単位面積当たりの収穫量:

カナダのサスカチワン州における収穫高:

1.3トン/ha～1.7トン/ha、Max. 2.0トン/ha

2. 供給量の確保:

- 契約栽培スキームによる安定供給の確保が可能。
- 今後8～10年で200,000～280,000haの栽培用地の確保が可能にて、80,000～110,000KLの油が得られる。

3. 油分含有量

重量比**37-38%**程度。



カリナタ (Brassica Carinata)

別名エチオピアカラシ。北アフリカ原産。原産地と同じ乾燥した高温気候でも栽培が可能。葉は食せるが、実から取れる油にはエルカ酸が含有される為に非食用にて、従来は商業作物として栽培されていない。

1. 単位面積当たりの収穫量

3000Kg/haの記録もあるが、**1730Kg/ha**(0.7MT/ac)が平均値。

2. 供給量の確保:

他の作物栽培には不適当な**乾燥地帯**でも栽培が出来る。契約栽培スキームにより作付け面積を確保することが可能。

3. 油の収穫量

45%以上

4. 検討項目

- 55 w-%が絞りカスとなる。飼料としての価値が幾ら付くか？
- 45 w-%が油分のどれ位が目的の製品になるか？



電源のポートフォリオ

種類	発電方式	効率性	利便性	供給 安定性	安全性	経済性	環境性	社会性	技術 成熟度	供給 余力
火力	石炭	◎	○	◎	○	◎	×	×	◎	○
	石油	◎	◎	◎	○	△	×	×	◎	△
	LNG	◎	△	◎	△	△	○	○	◎	○
原子力	原子力	◎	△	○	×	○	△	△	△	△
再生可能 エネルギー	水力	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	地熱	△	○	△	○	△	○	○	○	△
	風力	△	×	×	△	○	○	○	○	△
	太陽光	△	×	×	○	×	○	○	○	△
	太陽熱	△	○	○	○	×	○	○	△	△
	バイオマス専焼	○	○	○	○	△	○	◎	○	○
	バイオマス混焼	○	○	○	○	○	○	◎	○	◎
	バイオガス発電	△	○	○	○	△	○	◎	○	○

※上記評点は飽く迄参考であり、今後議論していく必要がある。

バイオマス発電のメリット・デメリット

メリット:

1. **設備利用率**の高い安定電源である。
(バイオマス: 80%、太陽光: 12%、風力: 20%)
2. 火力発電同様、発電量を主体的にコントロールすることが可能である。
⇒ 太陽光、風力発電の**バックアップ電源**になり得る。
3. 太陽光や風力と違い、バイオマス発電は**燃料を輸送**することが可能である。
⇒ 必ずしも原料立地に発電設備を建設する必要はない

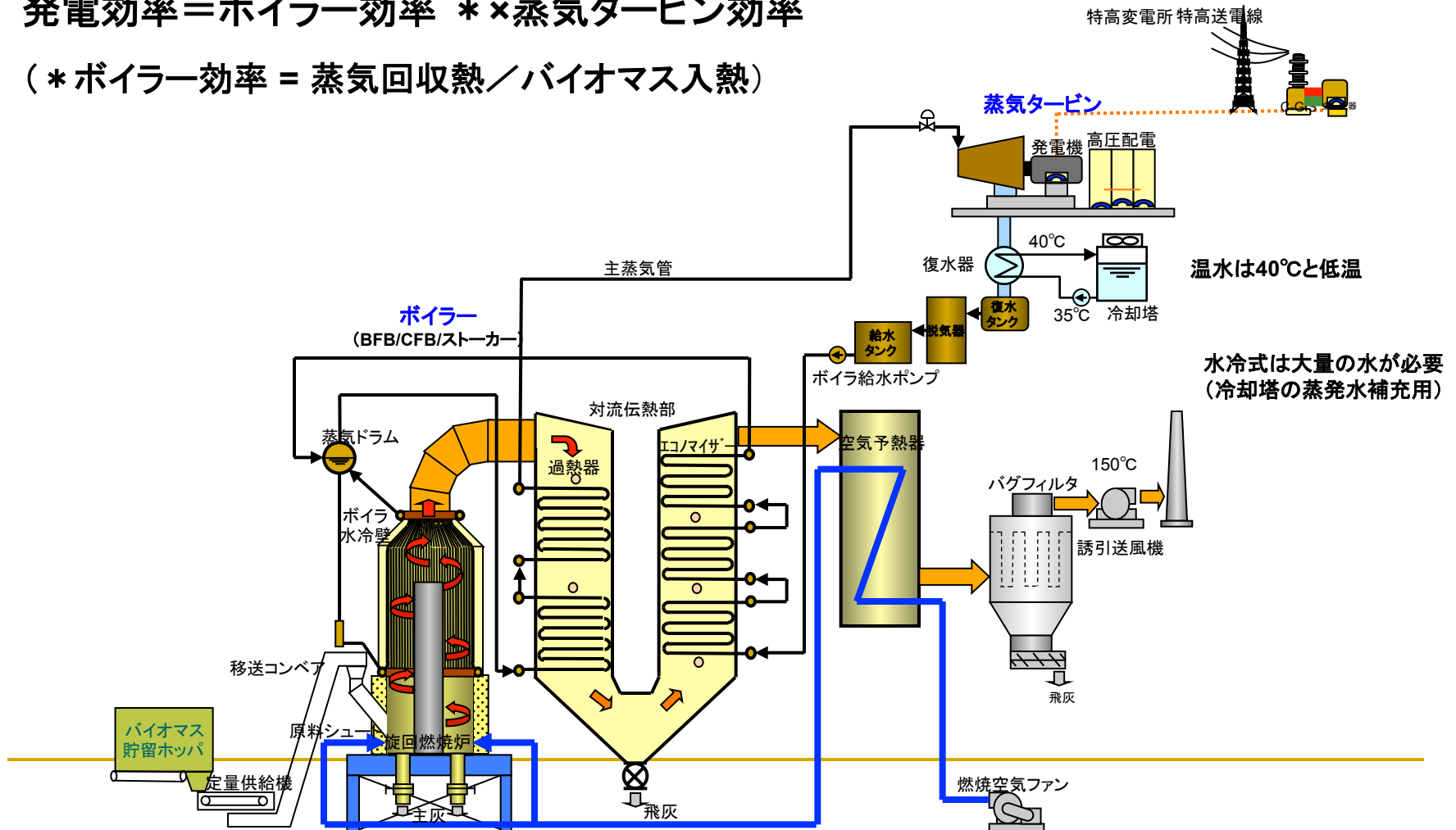
デメリット:

バイオマスの**国内調達には限り**があり、長期安定調達が容易ではない

木質バイオマス専焼直接燃焼発電の事例

発電効率＝ボイラー効率 × 蒸気タービン効率

(* ボイラー効率 = 蒸気回収熱 / バイオマス入熱)



Andritz Biomass Boiler

ANDRITZ Biomass Boiler

バイオマスボイラーの応用分野：紙パルプ業界、産業用発電、ユーティリティー用発電、公共・自治体用発電

BFB ECOFLUID



46 references

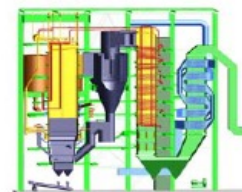
Fuels:

- Wood biomass
- Recycled wood
- Energy cultivates
- Sludges
- Rejects
- Peat
- RDF
- Coal max. 20%

Boiler size:

- Steam flow 25 - 450 t/h
- Up to 100 MW_e

CFB POWERFLUID®



34 references

Fuels:

- Wood biomass
- Recycled wood
- Energy cultivates
- Sludges
- Peat
- RDF
- Lignites
- Coals

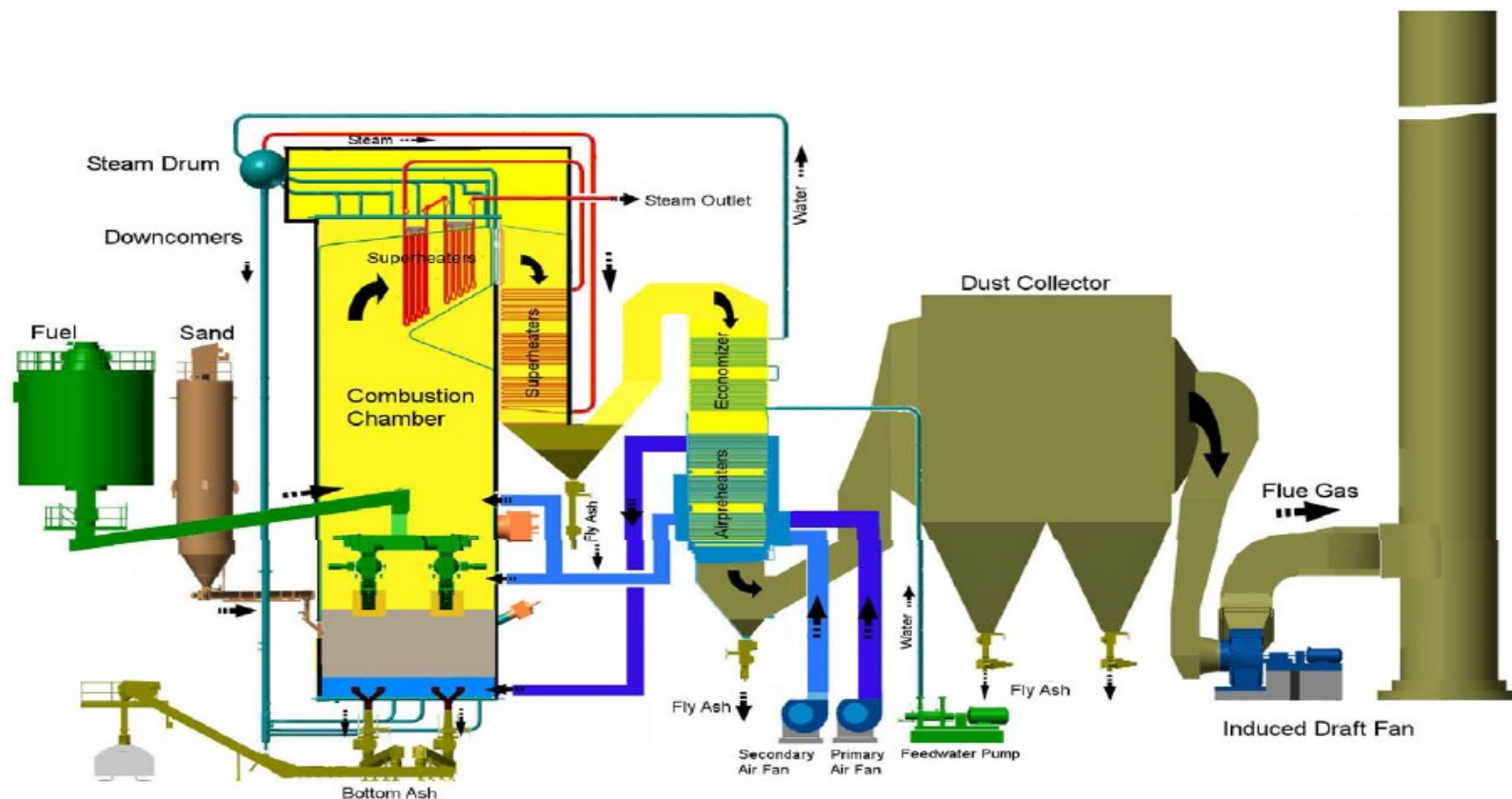
Boiler size:

- Steam flow 50-500 t/h
- Up to 180 MW_e

Andritz BFB (木質バイオマス専焼用ボイラー)

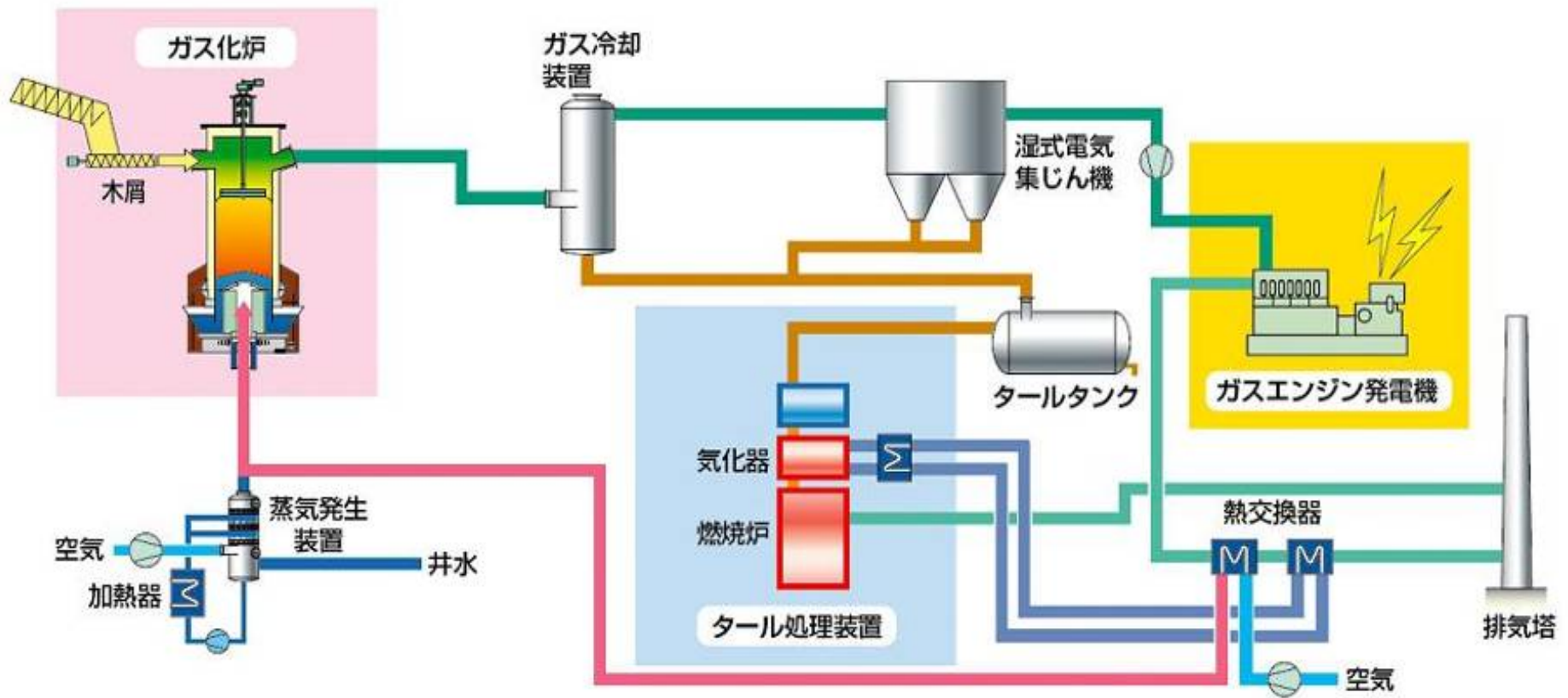
アンドリッツ BFB Flow Chart

BC: バイオマスコンセプト



ANDRITZ
Pulp & Paper

木質バイオマスガス化発電の事例



(出典: やまがたグリーンパワー)

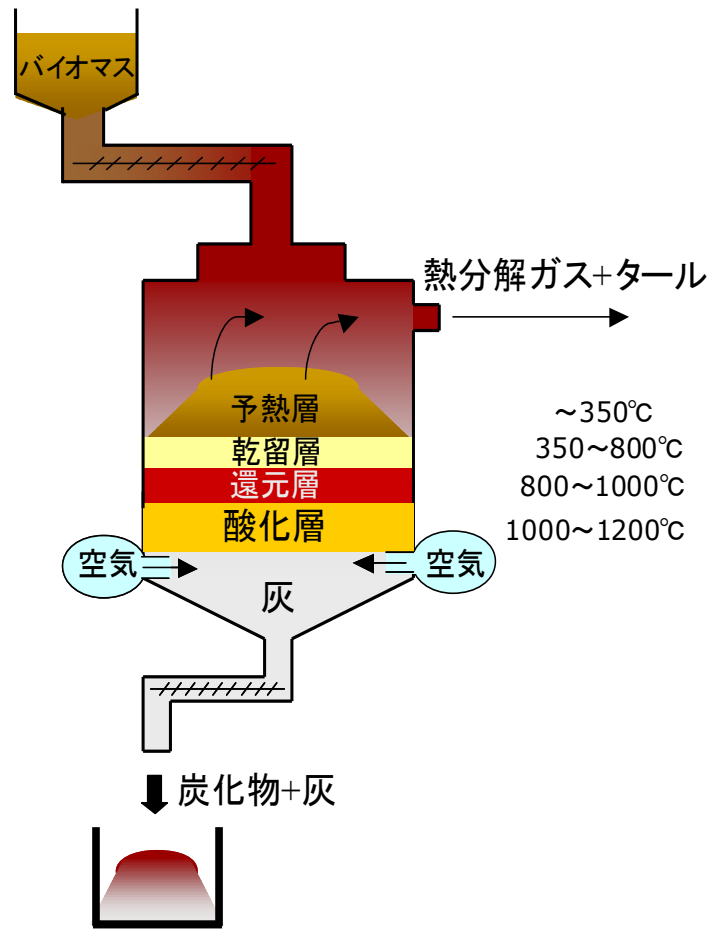
ガス化炉の方式別比較

(出典: 中外炉工業)

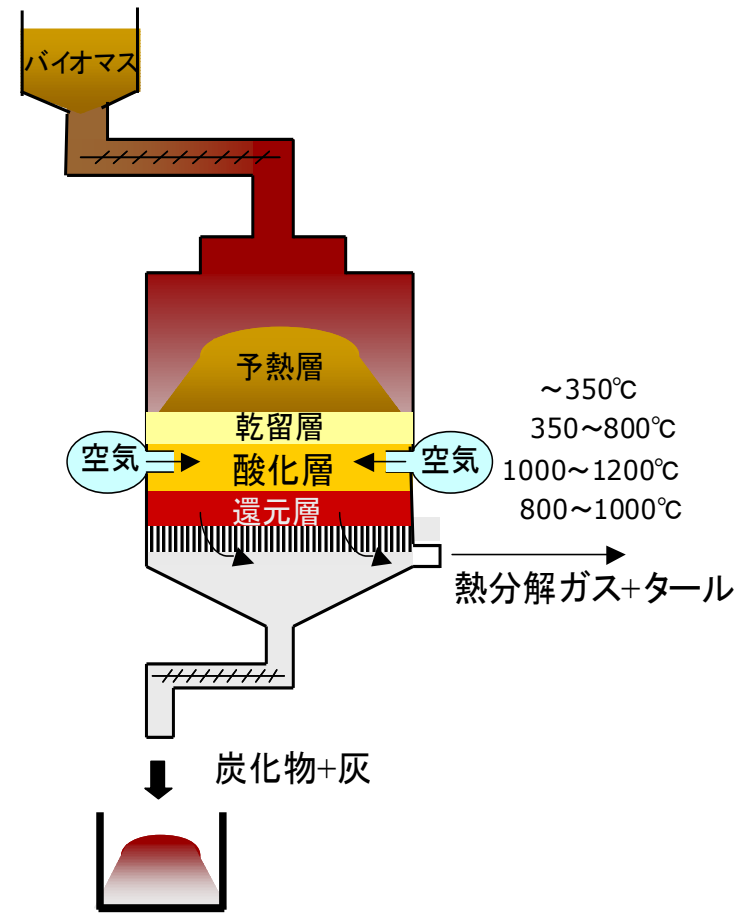
ガス化方式	直接式		間接式	
炉型	アップドラフト型	ダウンドラフト型	噴流層	ロータリーキルン
原料	湿チップ 定形	乾チップ 定形	乾チップ 粉状	乾～湿チップ 定形～不定形
異物	大きなものは不可		絶対不可	50mmまでOK
ガス(kcal/ m ³ N)	CO主体 1000～1200		H ₂ 主体 2000～2500	
設備構成	単純	単純	複雑	複雑
タール	多	少	少	少
廃棄物	チャーアッシュ廃水 (多)	チャーアッシュ廃水 (少)	灰・廃水 (多)	灰
主要メーカー	JFE (フェルント) Andritz(カルボナ) ティッセン・クルップ・ オットー	ヤンマー、日本 ファナス (NFK) 、 川重、月島	バイオマスエナジー (農林バイオマス3号)	中外炉工業、 ダイヤモンドエンジ ニアリング

アップドラフト型とダウンドラフト型ガス化炉

アップドラフト型ガス化炉



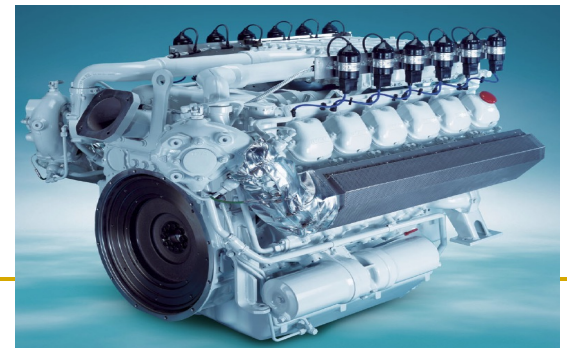
ダウンドラフト型ガス化炉



(出典: 中外炉工業)

ガスエンジンによる発電

- 元々バイオマスガス用の専用エンジンはないので、主として天然ガス用のガスエンジンを流用。
- エンジン単体での発電効率は30～36%
- 基本的には天然ガスと同じ無タールのガスが望ましい
- 主要メーカー：
 - ・欧州：イエンバッハ(GE)、MAN
 - ・日本：新潟原動機(2MW以上)、ヤンマー、大原鉄工所、中外炉工業(トヨタ自動車エンジンを流用)

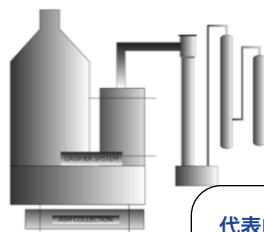


MAN ガスエンジン

小規模バイオマス発電の先進事例 ーグリーンハウスとの組合せー



間伐材 等
(30~100Mt/day)



ガス化炉

代表的な ガス 組成

- ・ H₂ : 20~50%
- ・ CO : 15~40%
- ・ CH₄ : 1~10%
- ・ CO₂ : 10~20%



ガスエンジン (1~3Mw)



電気 (売電) 電気 (温室)

熱 (温室)

CO₂ (温室)



FITによる売電



温室に対する熱電併給 (ORCによる廃熱利用発電の事例もある)



2 ~ 6 ha

CO₂による収量UP(1000ppmで2~3割増)

利 点

- ・森林組合単位で集荷が可能な間伐材を活用した 地域密着型小規模(1~3Mw)分散型発電事業
- ・グリーンハウスとの組合せによるトリジェネレーション (電気、熱、CO₂ 同時利用) モデル

課 題

- ・日本でのトリジェネレーションモデルの実証

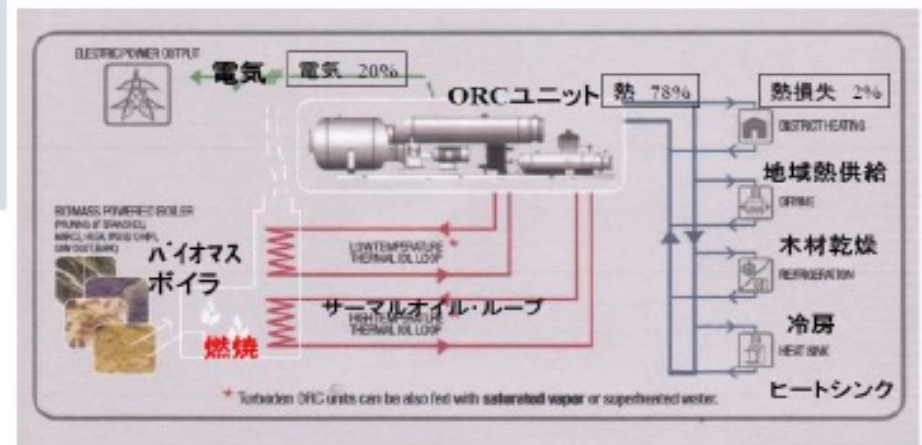
GEイエンバッハガスエンジンでの実績

- ・グリーンハウス: 約 1,000件 (合計2,200Mw)
- ・木質ガス化発電: 約 30件 (合計58Mw)



ORC (Organic Rankine Cycle: バイナリー発電)

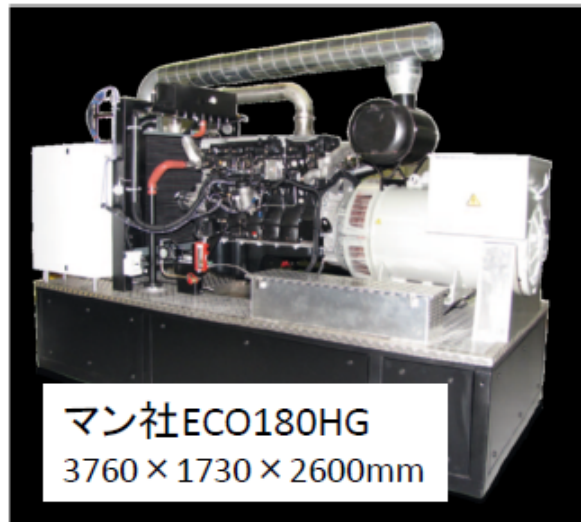
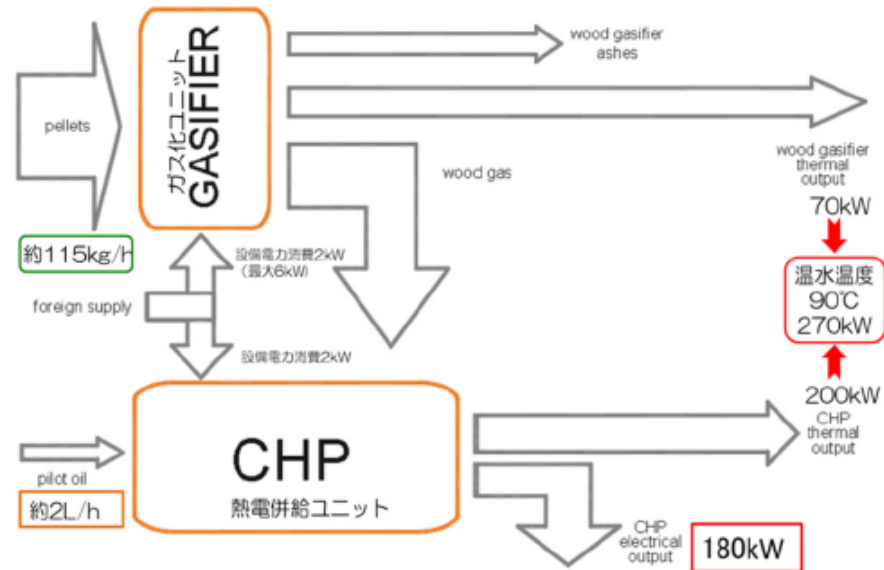
通常の水蒸気サイクルとは異なり、ボイラーで加熱したサーマルオイル(310℃)を沸点の低いシリコンオイルなどの有機媒体と熱交換し、タービンで発電を行うシステム。小規模でも高い発電効率を誇り、安全性に優れ、また排熱も80~90℃の温水として供給可能で全体としてのエネルギー効率がよく、(欧州では)オペレーターの常時監視も不要(BT含む)でメンテナンス経費も安く、小規模でも採算面で優れた技術として、欧州では高い実績を誇るシステムである。



ドイツ Burkhardt 社 小型木質バイオマスガス化熱電併給装置



5280 × 2470 × 3000mm



マン社ECO180HG

3760 × 1730 × 2600mm

- ・ガス化装置の形式：流動床アップドラフト型
- ・電力出力：180 kW（発電効率 約30%、所内消費電力：6kW）
- ・熱出力：270 kW（効率50%、90℃温水・蒸気利用）
- ・ペレット消費量：約120 kg/h（ヨーロッパ規格EN *plus* – A1）
（灰排出量：30t/y）（汚水排出量1m³/y）
- ・納入実績：110基以上
- ・運転実績累積時間：100万時間を越える
- ・生成ガス組成：
H₂: 18～22%、CO: 26～30%、CH₄: 2～3%、CO₂: 9～11%
- ・数十台組合わせて合計発電容量 5,760kw の事例も有る

バイオマス混焼発電のメリットと課題

メリット

1. 専焼発電は、バイオマス100%でも発電可能な流動床ボイラー(BFB/CFB)の新規設置が必要。一方、**混焼発電**は、**既設の微粉炭ボイラー**でも良く、石炭を一部**バイオマス**で**代替**する**燃料転換**なので、原則**新規設備投資は不要**。
2. 混焼発電は、専焼発電よりも**発電効率が15%程度高い**。
(微粉炭ボイラー: 40～45% vs 流動床ボイラー:25～30%)

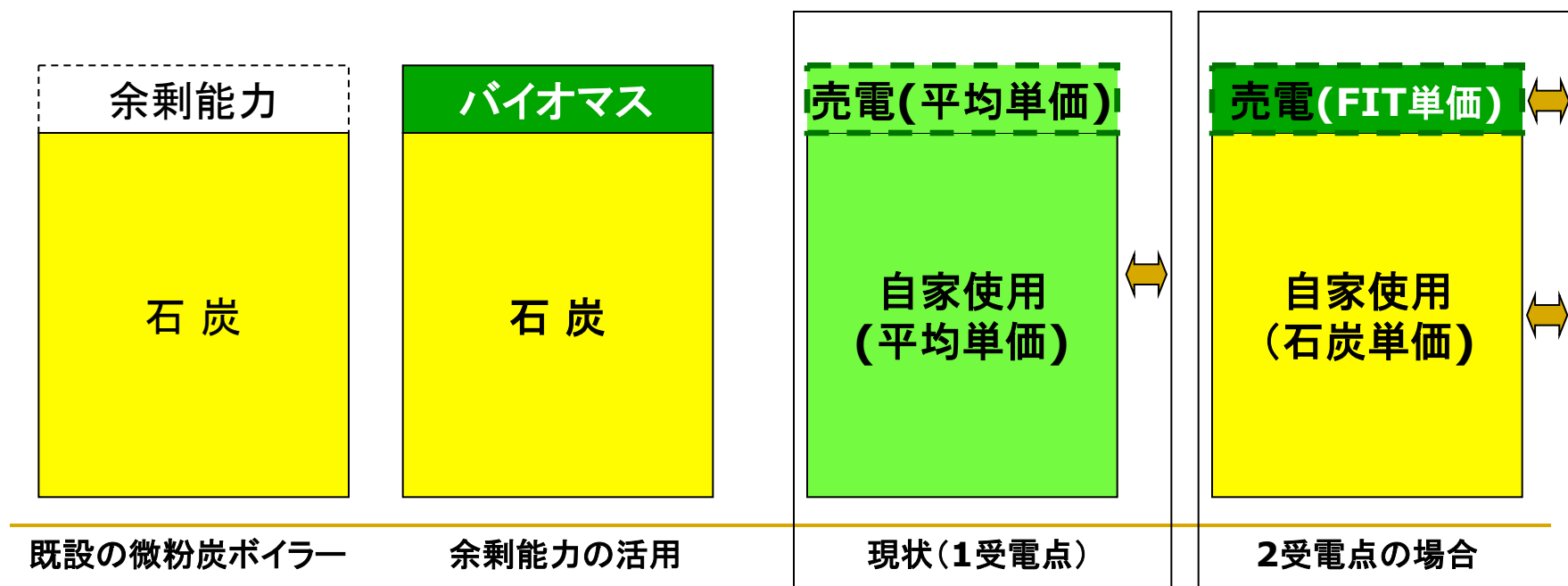
課題

1. 自家発電用既設微粉炭ボイラーを活用する場合に、バイオマス発電分のみをFIT単価を適用して売電する方法が確立されていない。
2. 通常の木質チップ、木質ペレットでは、**混焼率の上限**がカロリー比で3%迄。
⇒ **Torrefaction Pellet**であれば **混焼率を30%以上**に上げることが可能。

FIT混焼発電推進を妨げる「1事業所1受電点」の規制

需給契約の単位は1需要場所について1契約種別を適用して、**1需給契約**となっているため、**自家使用**を行っている場合、混焼するバイオマスによる発電部分にFIT単価が適用出来ない。

□ 既設微粉炭ボイラーの余剰能力を活かしたバイオマスの混焼



CO2削減の為の欧米の石炭火力規制の動き

1. 米国：石炭火力の規制強化

オバマ大統領が火力発電CO2排出量を2030年に2005年比32%削減（従来の2% up）する旨を発表した。（全体では2025年迄に26～28%削減する目標）

2013年の電源構成で石炭火力は39%を占めるが、CCS等規制への対策コストは1兆円規模の為廃炉が進み、2030年には27%程度に減るとEPAが予測。

2. 欧州：「脱石炭火力」の検討

- 英国が2014年電源構成で30%を占める石炭火力の12ヶ所の発電所を2025年迄全面閉鎖する旨発表。（改造して100%バイオマスに転換も検討）
- 仏（COP21議長国）が石炭火力（CCS無し）の輸出支援の停止を発表。
- 独 褐炭使用石炭火力5ヶ所の操業停止を発表。石炭依存度低下の方針。

3. 世界：欧米（脱石炭）vs 新興国（当面石炭依存）

OECDが石炭火力（USC以外）の建設への公的金融機関融資を制限。

但し、2013年の世界の電源の4割は石炭火力（中国、インドは7割超）。

微粉炭ボイラーによる石炭火力発電

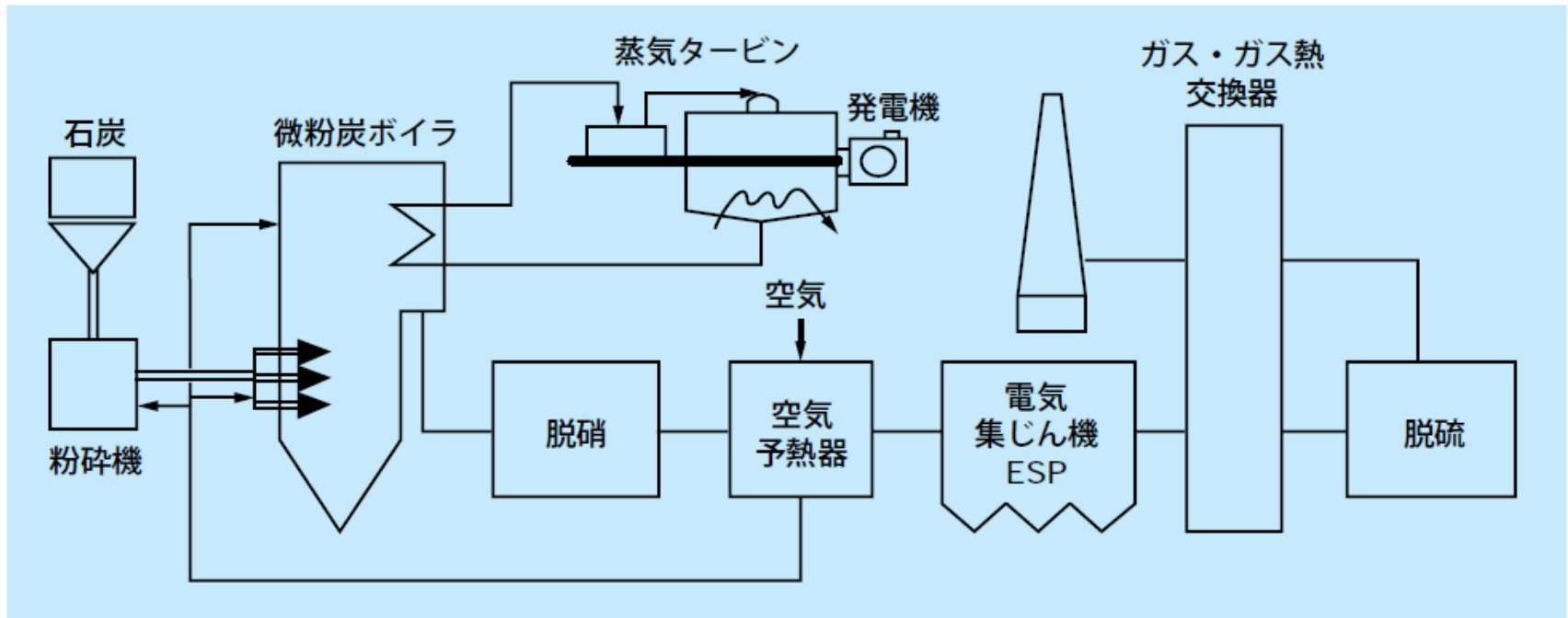


図2-1-2 微粉炭火力発電システム

石炭火力でのバイオマス混焼の意義

1. 石炭火力のCO2削減効果：

石炭は最も安価で調達余力のある資源だがCO2排出量は最大(LNGの1.6倍)。CO2削減策として将来は IGCC や CCS もあるが、現時点ではバイオマスの混焼が最も合理的な対策。2030年度のCO2削減目標△26%達成の為にも重要。

2. 化石燃料使用量の削減効果：

石炭をバイオマスで一部代替 (燃料転換) することで、有限な化石資源である石炭の使用量が削減出来る。2013年度実績で30%を占める石炭火力発電を2030年度迄に26%迄減らす目標の達成にも寄与するもの。

3. 再エネ電力の効率的な導入拡大：

2030年度再エネ電力比率 22～24%の内 約 2割(全体の4%)がバイオマスで、その内6割が木質バイオマス発電。これをコストミニマムで達成する手段として既設の石炭火力でのバイオマス混焼が最も有効。

電源別コスト試算 (出典: 資源エネルギー庁)

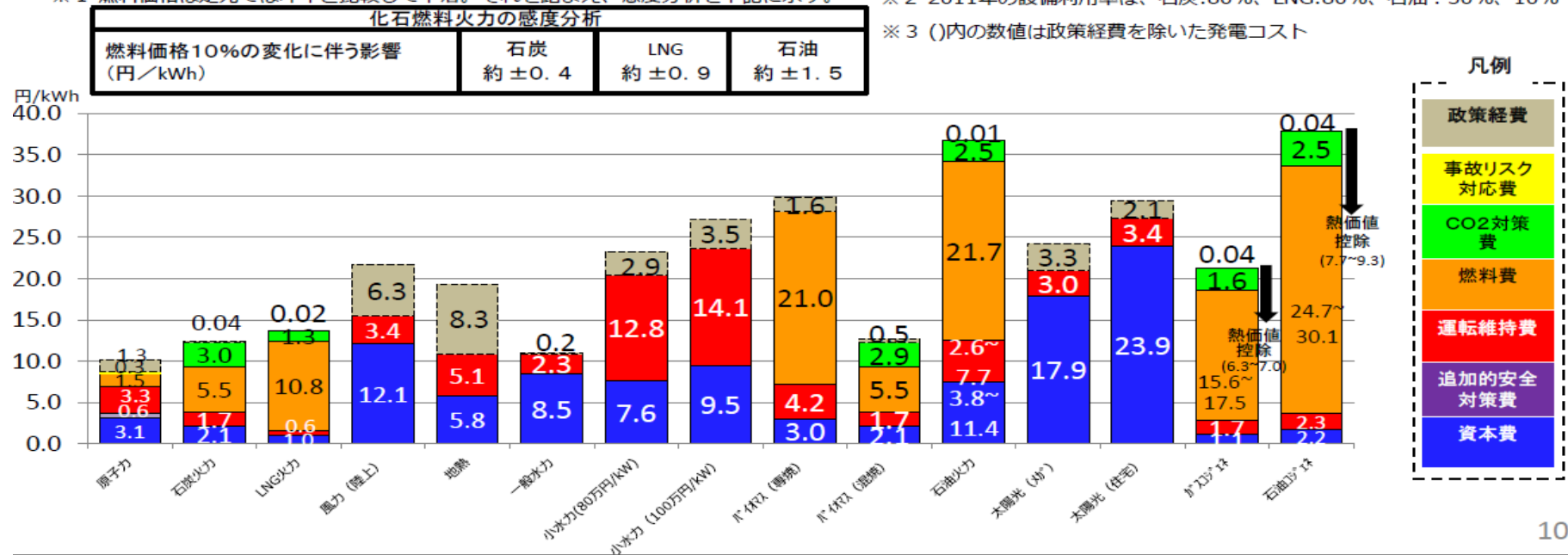
2014年モデルプラント試算結果概要、並びに感度分析の概要(案)

電源	原子力	石炭火力	LNG火力	風力(陸上)	地熱	一般水力	小水力 80万円/kW	小水力 100万円/kW	バイオマス (専焼)	バイオマス (混焼)	石油火力	太陽光 (小)	太陽光 (住宅)	ガス コジェネ	石油 コジェネ
設備利用率 稼働年数	70% 40年	70% 40年	70% 40年	20% 20年	83% 40年	45% 40年	60% 40年	60% 40年	87% 40年	70% 40年	30・10% 40年	14% 20年	12% 20年	70% 30年	40% 30年
発電コスト 円/kWh	10.1~ (8.8~)	12.3 (12.2)	13.7 (13.7)	21.9 (15.6)	19.2 (10.9)	11.0 (10.8)	23.3 (20.4)	27.1 (23.6)	29.7 (28.1)	12.6 (12.2)	30.6 ~43.4 (30.6 ~43.3)	24.3 (21.0)	29.4 (27.3)	13.8 ~15.0 (13.8 ~15.0)	24.0 ~27.9 (24.0 ~27.8)
2011コスト 等検証委	8.9~ (7.8~)	9.5 (9.5)	10.7 (10.7)	9.9~ 17.3	9.2~ 11.6	10.6 (10.5)	19.1 ~22.0	19.1 ~22.0	17.4 ~32.2	9.5 ~9.8	22.1 ~36.1 (22.1 ~36.1)	30.1~ 45.8	33.4~ 38.3	10.6 (10.6)	17.1 (17.1)

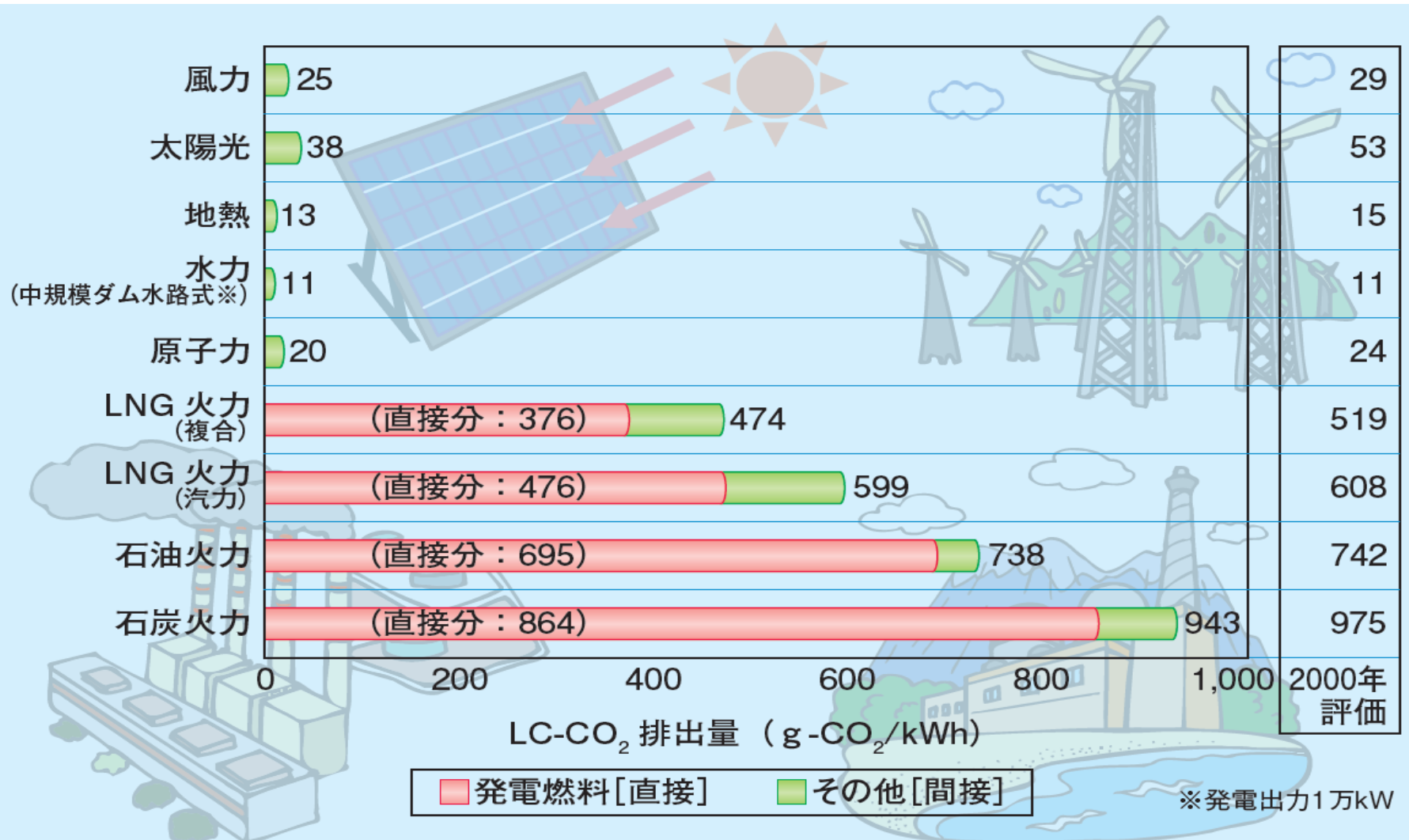
※1 燃料価格は足元では昨年と比較して下落。それを踏まえ、感度分析を下記に示す。

※2 2011年の設備利用率は、石炭:80%、LNG:80%、石油:50%、10%

※3 ()内の数値は政策経費を除いた発電コスト



電源別LC-CO₂排出量 (出典:電力中央研究所)



石炭火力でバイオマス混焼を推進するにあたっての課題

1. 燃料調達：

国産材だけでは不足する為、**海外産での手当が不可欠**。

ペレット換算で600万トン/年以上の木質バイオマス燃料が必要だが、国産材での供給可能量は140万トン/年程度(チップ用材 600万m³=240万トン/年)。

2. 経済性：

木質ペレットの発熱量は石炭の2/3。価格は2倍。即ち、発熱量あたり3倍。石炭火力発電コスト約13円/kWhは燃料費が10%上がると0.4円/kWh上がる。従い、バイオマスの分は 8円/kWh (0.4円/kWh x 200%)上がって21円/kWh。売電価格24円/kWhでも、3円/kWh以内で追加コストを賄えないと採算割れ。

3. 混焼率：

ボイラーメーカーが 3 cal % を混焼率の上限と設定。この混焼率向上策として Torrefaction Pelletの使用 又はバイオマス専用ミル・バーナーのボイラーへの追加設置があり、何れも 25cal%以上の混焼率をNEDOプロで実証済み。既設の石炭火力では前者が有効であり、新設では経済性の検証が必要。

2015年11月17日エネ庁「火力発電判断基準WG」

(参考) 論点⑤関係 売電事業におけるバイオマス混焼の扱い (第2回WGからの引用)

- 省エネ法は、より少ない化石エネルギーで同一の目的を達成するため、設備面（ハード面）と運用面（ソフト面）の両面で効率の向上を図ることを求めている。この中で、バイオマス混焼は、同量の発電を行うために必要な石炭量を減らすことができるため、化石エネルギーの使用の合理化と捉えることができる。
- 今回の見直しでは、配慮措置として、バイオマス混焼に対しては、例えば、発電効率の算出にあたって、投入するバイオマス燃料のエネルギー量をエネルギー使用量から除外することとしてはどうか。
- 一方で、バイオマス混焼はあくまで運用面での取組であり、毎年の運用の中で混焼割合が低下すれば、同量の発電を行うために必要な石炭量が増加し、発電設備の性能によっては規制水準を下回る可能性がある。特にバイオマス燃料のための設備は石炭にも転用可能なため、容易にバイオマス混焼率を低下させることができる可能性があり、省エネ法定期報告の中で継続的に混焼率を評価していくことが必要ではないか。

バイオマス混焼の「省エネ法における発電効率」の算出方法（案）

発電専用設備から得られる電力エネルギー量

発電専用設備に投入する
エネルギー量

発電専用設備に投入するバイオマス燃料の
エネルギー量

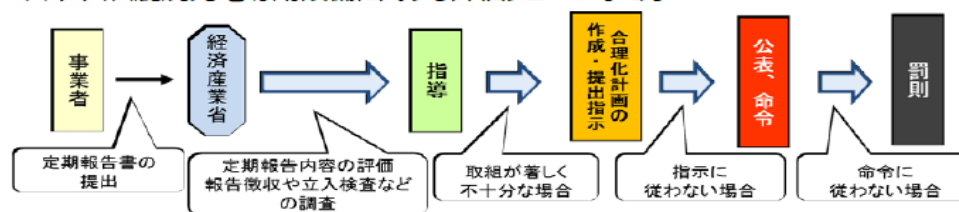
※いずれも設計上における定格運転時の値

必要となるバイオマス混焼割合の事例

石炭専焼における 発電端効率（HHV）	必要な バイオマス混焼割合※
30% 一般的なCFBボイラ	37.2%以上
35% 高効率なCFBボイラ	22.9%以上
40% 微粉炭ボイラ（亜臨界圧）	8.6%以上

※規制水準を43%（発電端効率（HHV）とし、バイオマス混焼1%につき0.08%効率低下する場合を想定

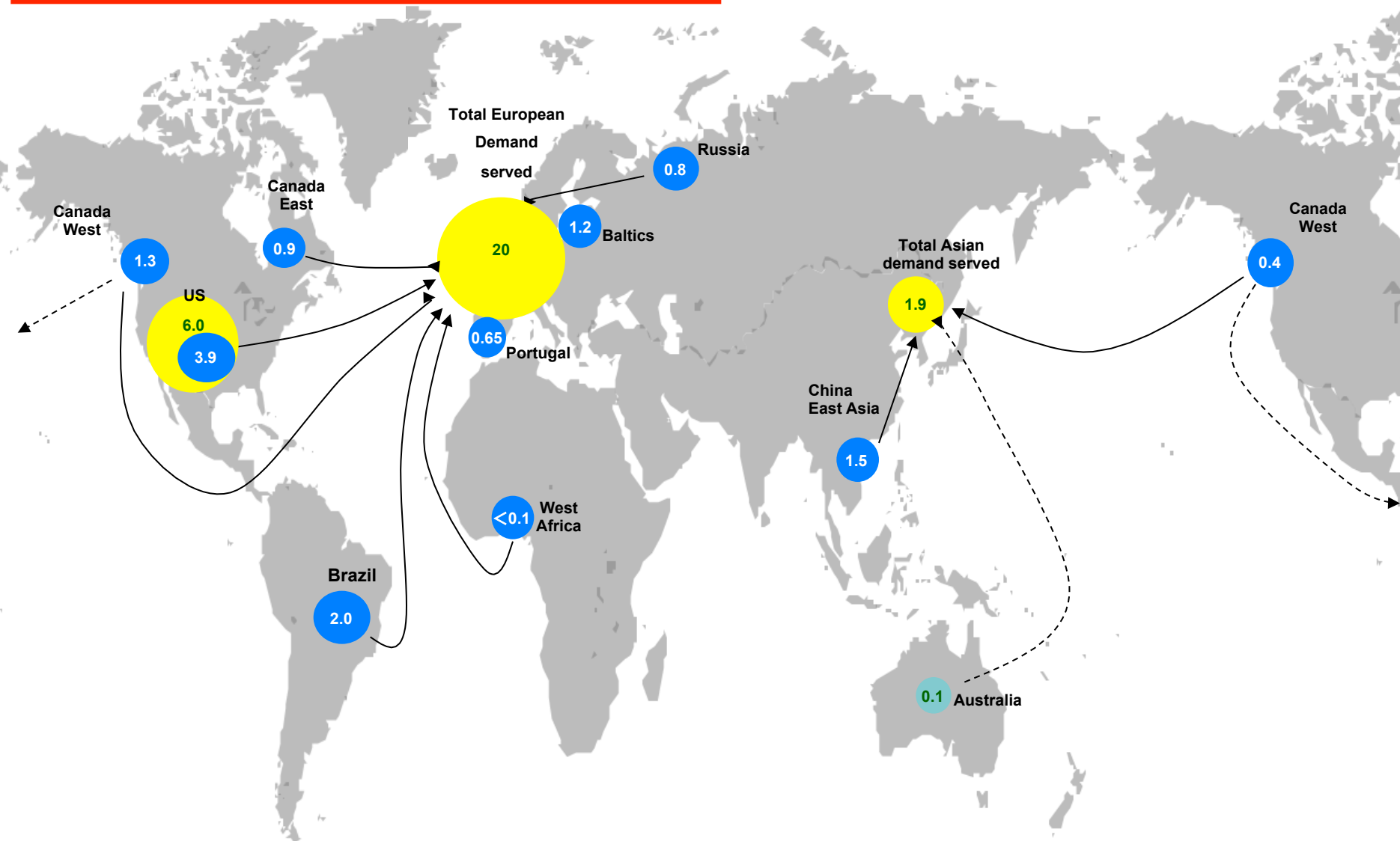
バイオマス混焼発電専用設備に関する評価フローの考え方



バイオマス混証発電専用設備に関する評価項目

- 新設時（運転開始時）の効率評価
- 毎年度の効率評価

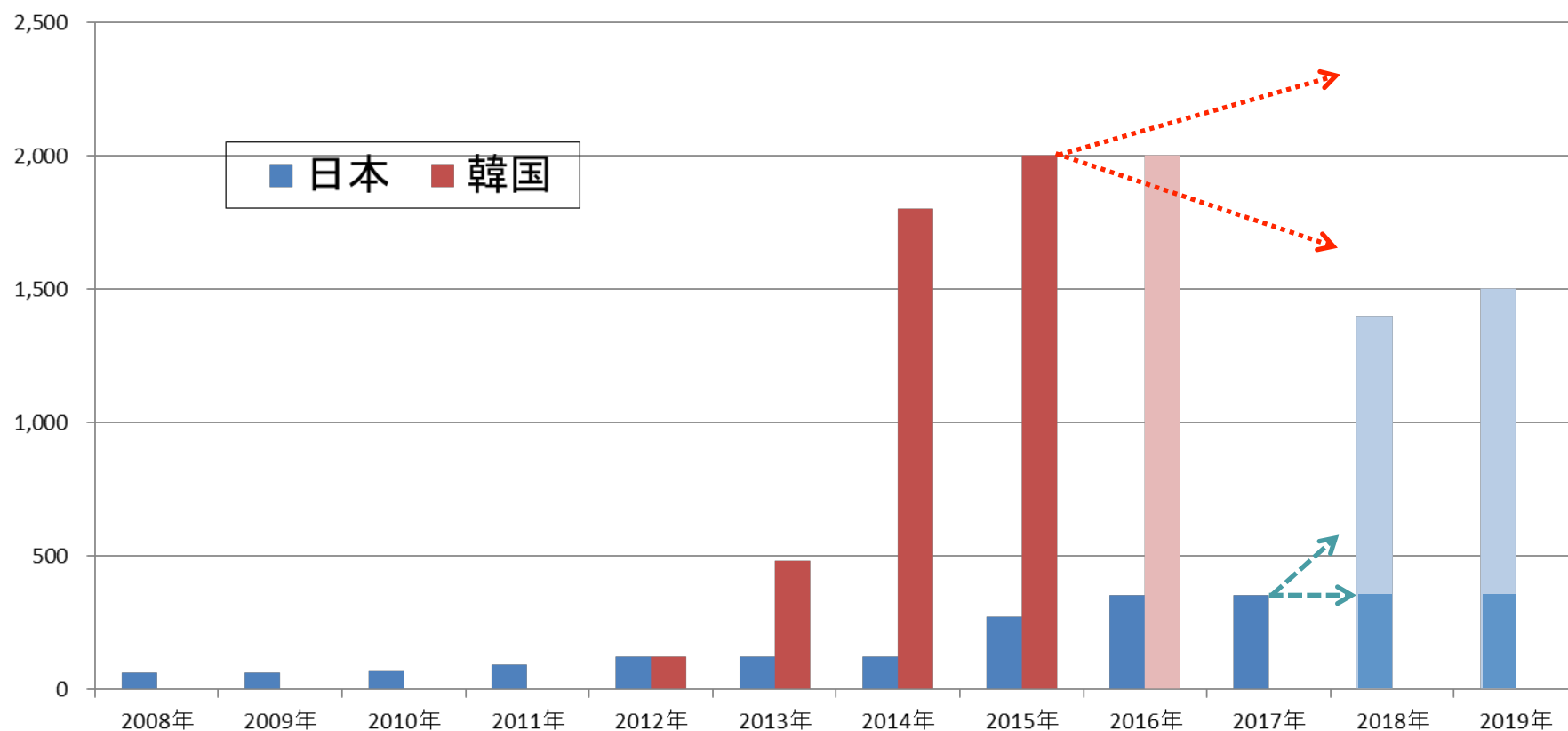
世界のウッドペレット需給 (2014年現在)



極東に於けるウッドペレット需要実績と予想

単位：千MT]

	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年
日本	60	60	70	90	120	120	120	270	350	350	1,400	1,500
韓国	0	0	0	0	120	480	1,800	2,000	2,000	?	?	?



日本の石炭火力でのバイオマス混焼発電市場規模イメージ

1. 日本の一般炭年間消費量

- (1) 電力会社：約8,000万トン
- (2) 一般産業：約2,000万トン

2. 現在の石炭火力混焼発電での木質バイオマス年間使用量

- (1) 電力会社：約40万トン (0.5%相当)
- (2) 一般産業：約20万トン (1%相当)

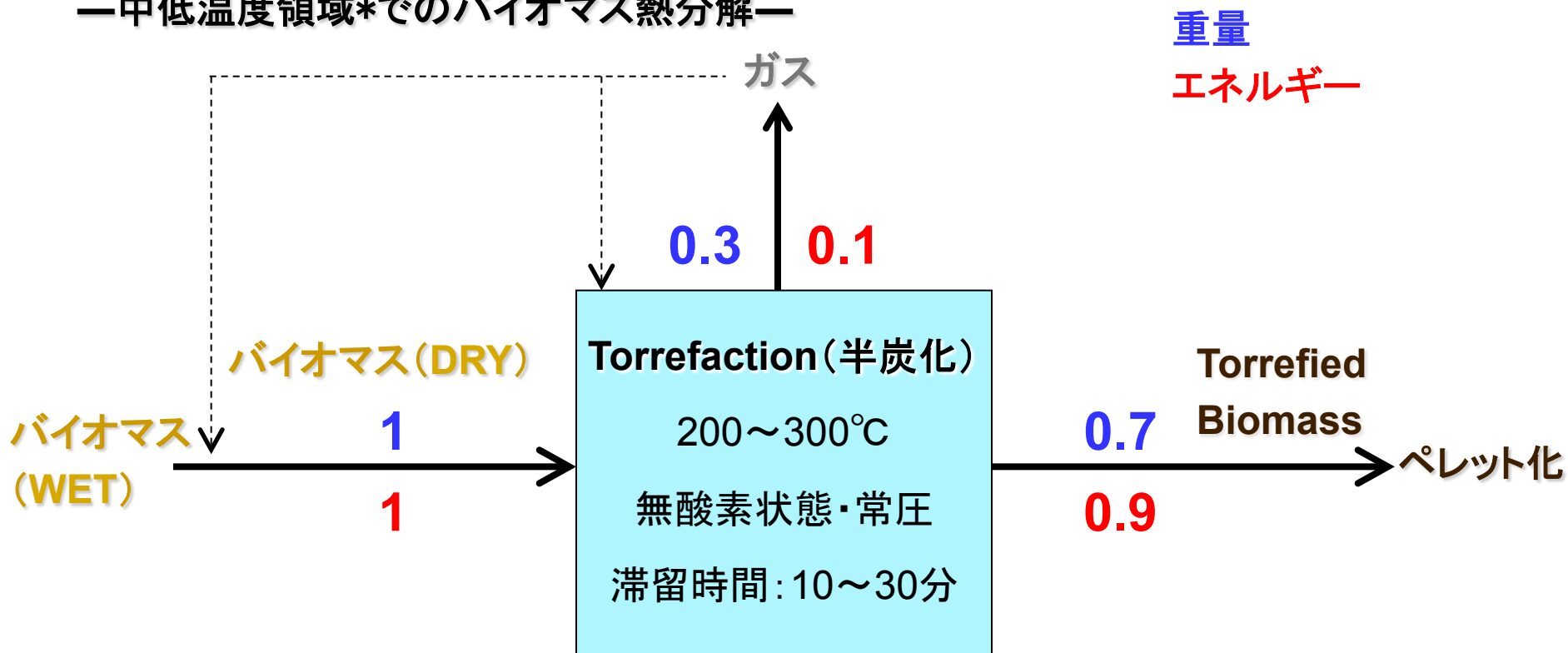
3. 将来の潜在市場規模イメージ

- (1) 電力会社：160～240万トン/年 (2～3%相当)
- (2) 一般産業： 40～ 60万トン/年 (2～3%相当)
- (3) 固定価格買取制度 : + ?
- (4) Torrefaction : + ?

➡ 仮に平均混焼率を、**電力会社 5%、一般産業 10%**とした場合、
石炭 600万トン / 年分を代替 (≒ **200億kwh以上**)

Torrefaction (半炭化)とは？

—中低温領域*でのバイオマス熱分解—



エネルギー密度 (MJ/kg) (重量当たり) $1 \frac{0.9}{0.7} = 1.3$

Torrefaction Pelletとは？

1. Torrefaction Pellets製造工程

原料バイオマス

Torrefaction Materials

Torrefaction Pellets



2. Torrefaction Pelletsの耐水性



出典:ECN

Torrefaction Pelletの組成(木質チップ、木質ペレットとの比較)

項目(単位)	木質チップ°	木質ペレット	Torrefaction Pellet
含水率(%)	35%	10%	3%
重量当たりのエネルギー密度 LHV (MJ/kg)	10.5 (67%)	15.6 (100%)	19.9 (128%)
かさ比重(kg/m ³)	475	650	750
体積当たりのエネルギー かさ密度 (GJ/m ³)	5.0	10.1	14.9
輸送効率(比率%)	△ (50%)	○ (100%)	◎ (150%)
貯蔵・ハンドリング性	○	△	◎
粉碎性	△	○	◎

Torrefaction Pellet のメリット

1. 良好な粉碎性 → 石炭への混焼率大幅UP (3% ⇒ 30%以上)
2. 高エネルギー密度 → 輸送・貯蔵効率の向上
(20MJ/kg、15GJ/m³) (木質チップの3倍、木質ペレットの1.5倍の効率)
3. 疎水性、非発酵性 → 耐水性、自然発火防止
⇒ 石炭に準ずるハンドリング性
(新たな貯蔵設備への投資は原則不要)
4. 原料の多様化 → 林業残渣、農業残渣等未利用資源
混合バイオマス原料の使用
⇒ 生産量拡大、コストダウン

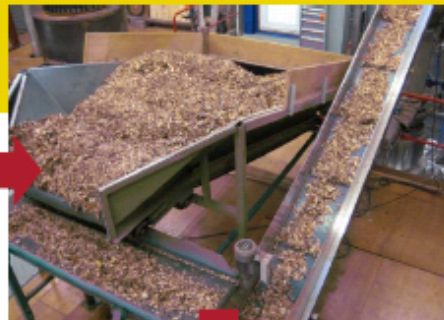
各社トレファクションシステムの概要比較

	A	B	C	ECN	D	E	F	G	H	I	J	K
訪問	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
設備見学	○			○		○	○	○				
プロセスカテゴリー												
TORREFACTION	○			○		○						○
CARBONIZATION		○	○		○		○	○	○	△	○	
REACTOR形式												
MOVING BED	○			○								
外套式横型DRUM			○		○				○	△	○	○
MODIFIED DRYER		○				○		○				
加熱方式												
直接加熱	○	○		○		○		○				○
間接加熱			○				○		○	△	○	
エネルギー生産・回収方式												
COMBUSTER	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
GAS.GAS H/EX	○	○						○				○
HOT OIL SYSTEM				○		○						

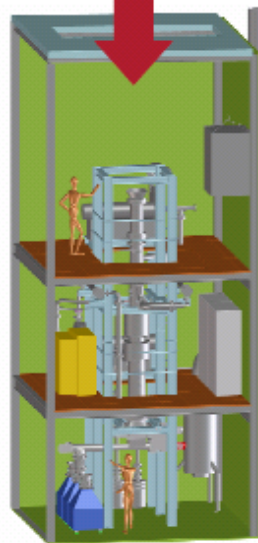
ECN PILOT PLANT PATRIG



Pre-drying



Feeding



Torrefaction pilot-plant testing (50-100 kg/h)

出典: オランダECN

平成22年度「緑と水の環境技術革命プロジェクト事業」採択事例

事例2：国内バイオマスの有効利用に向けたトレファクション（半炭化）木質ペレット製造技術 【未利用バイオマスのエネルギー・製品利用】

提案概要

国産スギ、ヒノキ等の国産バイオマスを原料としたトレファクション（半炭化）木質ペレットの製造技術の商業化可能性を検証する

○発電用燃料としてのバイオマス利用の拡大と利便性の向上
（木質バイオマスの混焼率が大幅に向上する可能性）

※ 微粉炭ボイラーでの混焼では、木質バイオマスを微粉化して石炭と混焼させる必要があるが、火力発電所の既存施設では、粉砕性の低い従来の木質チップ等は混焼出来る量に限界がある

課題・背景

○新エネルギー基本計画などにより、石炭火力発電でのバイオマス混焼促進を推奨

○粉砕性、エネルギー密度、耐水性に優れたトレファクション（半炭化）ペレットの商業化が可能となれば、発電用燃料としての利用拡大が期待

事業化により農山漁村地域における 新産業創出に貢献

農山漁村の活性化

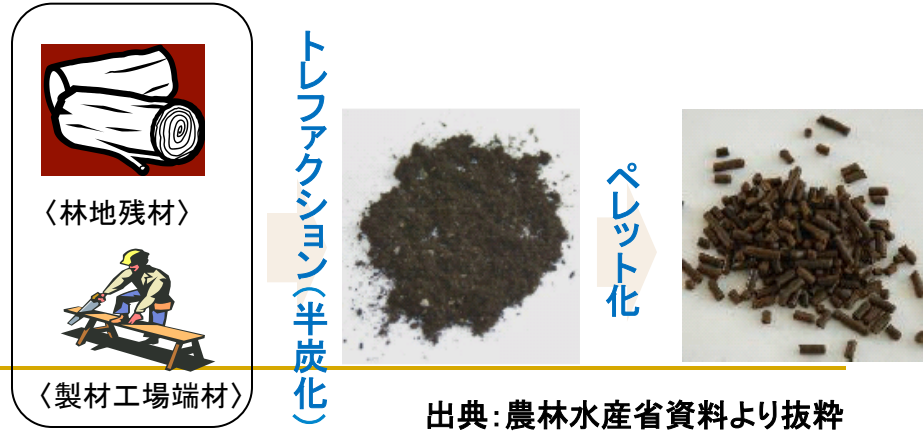
○国内資源を活用した木質ペレット産業の拡大により、バイオマス収集、輸送等の関連分野で新たな経済効果や雇用創出効果の創出が期待

創出が期待される市場

○発電所等で利用される木質ペレット燃料

トレファクションペレット の特徴

- 良好な粉砕性
→ 既存の火力発電所への対応力up
- 高エネルギー密度
→ 輸送・貯蔵効率up
- 耐水性の向上
→ 燃料としての取り扱いやすさup



出典：農林水産省資料より抜粋

Andritz デンマーク Demo Plant (1ton/h)



プロセス:

原料(樹皮付き木質チップ等)

↓ 投入

Rotary Dryer

↓ 含水率 8-10%

縦型 Torrefaction Reactor

↓ 冷却

Hammer Mill

↓

Pelletizer (バインダー無し)

↓

Torrefied Pellet (1ton/h)

出典: Andritz

「インドネシア国バイオマスを使用した半炭化システムによるJCMプロジェクト実現可能性調査」
 提案企業：一般財団法人石炭エネルギーセンター、みずほ情報総研株式会社、株式会社大和三光製作所

火力発電所でのCO₂排出量(1kWhあたり)は、LNGや石油に比べ石炭使用時のほうが多い。今後石炭火力発電所の建設が途上国を中心に伸びるなか、未利用バイオマスの利用技術普及を図ることにより、大きな削減を実現しうる。

調査概要

熱量が低いため燃焼利用に適さないパームオイル抽出後に排出されるパーム椰子殻(以下、EFB)を半炭化し、エネルギー密度や粉碎性を向上させ、これを石炭火力発電所で混焼利用するシステムの構築や温室効果ガス削減量を定量的に評価する方法論の検討などに向け調査を実施する。

調査項目

- ①インドネシアにおけるJCMに関連する政策の提言
- ②事業化に向けた具体的計画の検討(EFB半炭化試験含む)
- ③事業化した場合に適用可能な排出削減方法論の検討、同方法論を用いた排出削減見込量の試算
- ④事業化した場合の経済効果

現地協力企業・実施場所

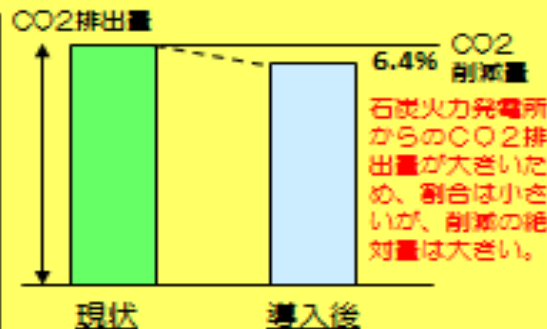
現地協力企業：HASNUR社
 (南カリマンタン島)
 1966年カリマンタン発祥のグループ企業
 石炭、鉄鉱石、森林開発、農業(パームプランテーション及びパーム油工場)など広範囲に事業展開

想定削減量・測定方法

石炭火力発電所からの想定削減量約6.4%、削減規模：800万トン-CO₂/年

【現状】

約5,250kcal/kgの亜亜青炭約51.2Mtが石炭火力発電所で使用されており約124.4MtのCO₂が排出されている。
 (CO₂排出係数：2.43tCO₂/t IEA, 2012年)。
 これまで、インドネシアでは、微粉炭火力発電所におけるバイオマス混焼によってCO₂排出量を削減する試みは行われていない。



【導入後】

【石炭火力発電所からのCO₂削減】
 年間約2,600万tのEFBが排出されている。2,200kcal/kg(到着ベース)のEFBを780万t(2,600万tの30%)使用した場合、約330万tの石炭を代替できる。これは約800万tのCO₂削減の可能性を示す(330万t×CO₂排出係数)。この量は、現状CO₂排出量124.4Mtの6.4%。

1月25-26日開催 Torrefaction WS @ オランダ

IEA Bioenergy **TASK 40**

Sustainable International Bioenergy Trade - Securing Supply and Demand



Technical and Handling Requirements for Solid Biofuels in Co-firing in Supercritical and Ultra-supercritical Coal Boilers and Consequences for the Biomass Trading

Michael Wild

Wild&Partner LLC, Vienna, Austria

IBTC, Brussels, Belgium

Picture: M.Englisch

Rotterdam, January 26th 2016

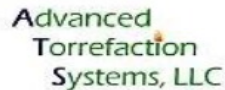
International Biomass Torrefaction Council



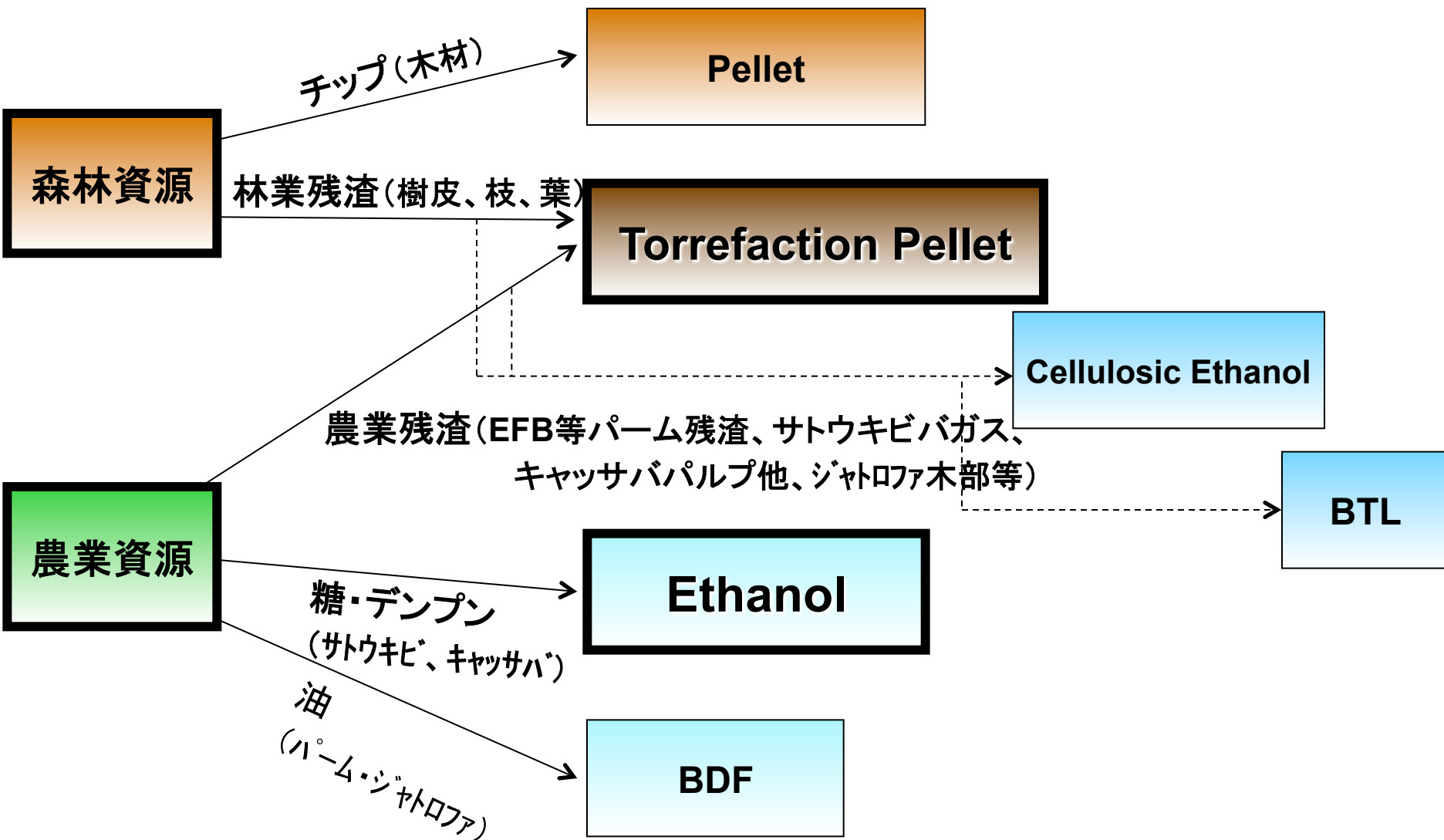
IBTC Full Members



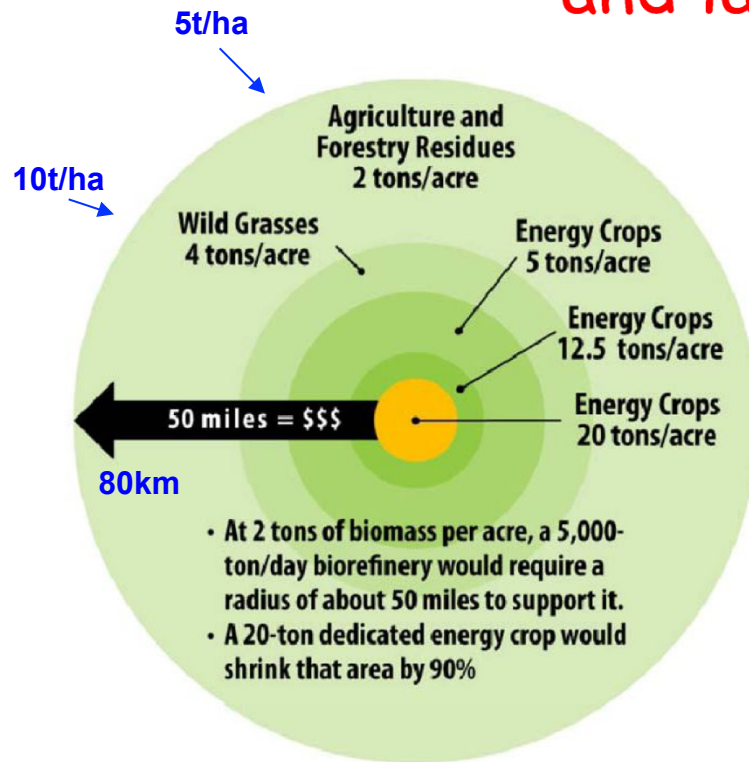
IBTC Supporting Members



Torrefaction Pellet による複合プロジェクトの展開



High yield decreases transportation and land costs

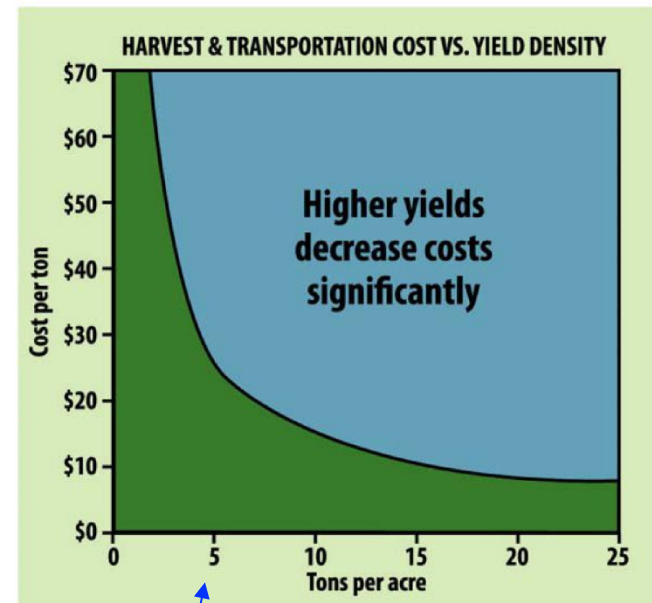


500,000 gal/day scenario

2千kl/日=60万kl/年

Richard Hamilton, Ceres

バイオマス収集範囲とコストの関係



13t/ha

資源作物では、単収(単位面積当たりのバイオマス生産量)が調達コストを考える上でも重要なファクターとなる。

アジアと連携したバイオマス産業の展開

”Asia Biomass Community”の形成

官民連携によるパートナーシップの強化

■政府レベル:

- ◆ バイオマスプランテーションへの支援
- ◆ ソフトローンの適用 (ODA、JBIC etc.)
- ◆ レピュテーションリスク回避策 (案件認定)

■民間レベル:

現地企業との合併による製造事業の展開

相手国との連携による
共同プロジェクトの展開
(開発輸入 + 地産地消)

原料生産

バイオ燃料
製造事業

市場

資金

技術

市場

持続可能なバイオマスインダストリー(アジアモデル)の構築

バイオマスプランテーション



新規需要に対応した次世代 農・林業

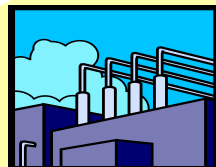
1. ODA等を活用した農業資源の増産

- 農地開発・灌漑設備
- 品種改良(収率の向上)
- 機械化(栽培、集荷)
- 施肥管理技術
- 輸送インフラの整備
- 農業開発FUND(農民への資金提供)

2. 現地企業による契約栽培スキーム

原料の安定確保・カスケード利用

バイオマスリファイナリー

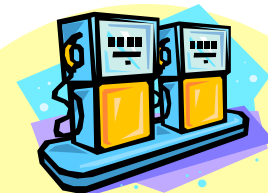


バイオマス複合産業の展開

- バイオエタノール(⇒セルロース)
- バイオペレット(⇒Torrefaction)
- バイオジェット燃料
(既存リファイナリー併設)
- BDF (⇒高品質化)
- バイオマス発電
- バイオケミカル、マテリアル
- 飼料、肥料等の製造

Co-Location・Co-Production

マーケット



産業規模の安定消費市場の創出

- 日本への輸出(開発輸入)
- 現地市場での消費(地産地消)
- 第三国への輸出

前提条件

- 安定販売数量(長期契約等)
- 安定販売価格(原料リンク等)

安定的な製品販売先の確保

Risk と Return が見合うSustainableなサプライチェーンの構築