

小規模バイオマス発電(2MW以下)で 採択可能な技術とコストについて

熊崎 実

- (1) 小規模未利用木質バイオマスの別区分化
- (2) 壊・独における小規模発電の出力区分
- (3) 蒸気タービン発電の出力規模と発電コスト
- (4) 注目される木材ガス化CHPユニット
- (5) これからは分散型熱電併給が主流になる
- (6) 木質バイオマスは中山間地のエネルギーだ

木質バイオマスの調達価格についての委員長案 調達価格等算定委員会、2015.02.24

木質バイオマス(2000kW未満の未利用木材)
調達価格(税抜) 40円/kWh

小規模未利用木質バイオマスの別区分化

○根拠(1) 委員からの意見

安定的な電源としてエネルギー政策上重要
森林資源の適切な活用や林業活性化等の地域活性化につながる

○根拠(2) 農林水産省からの報告

これまで想定していた事業規模では、原料の収集できる地域が限られる。さらなる未利用バイオマスの利用を推進するには、小規模な発電が重要。

○参考事例 いいつなお山の第2発電所(1500kW)

発電専用だが、燃料費は9000円/トン

別区分化の条件:事業者及び政府への要請

- (1) 原料の安定供給にしっかりと取り組むこと
- (2) 施業の集約化、高効率の作業システムの確立による燃料コストの低減はもとより、資本費及び運転維持費用についても技術開発を進めてコスト低減を図ること
- (3) 林野庁のガイドライン等により由来証明をしっかりと行うこと

★消費者負担への影響(委員の意見として注書き)

小規模発電を別区分としても資源的な制約から発電量に限界があるため、電気利用者の負担は過重なものとはならない

★委員からの指摘事項

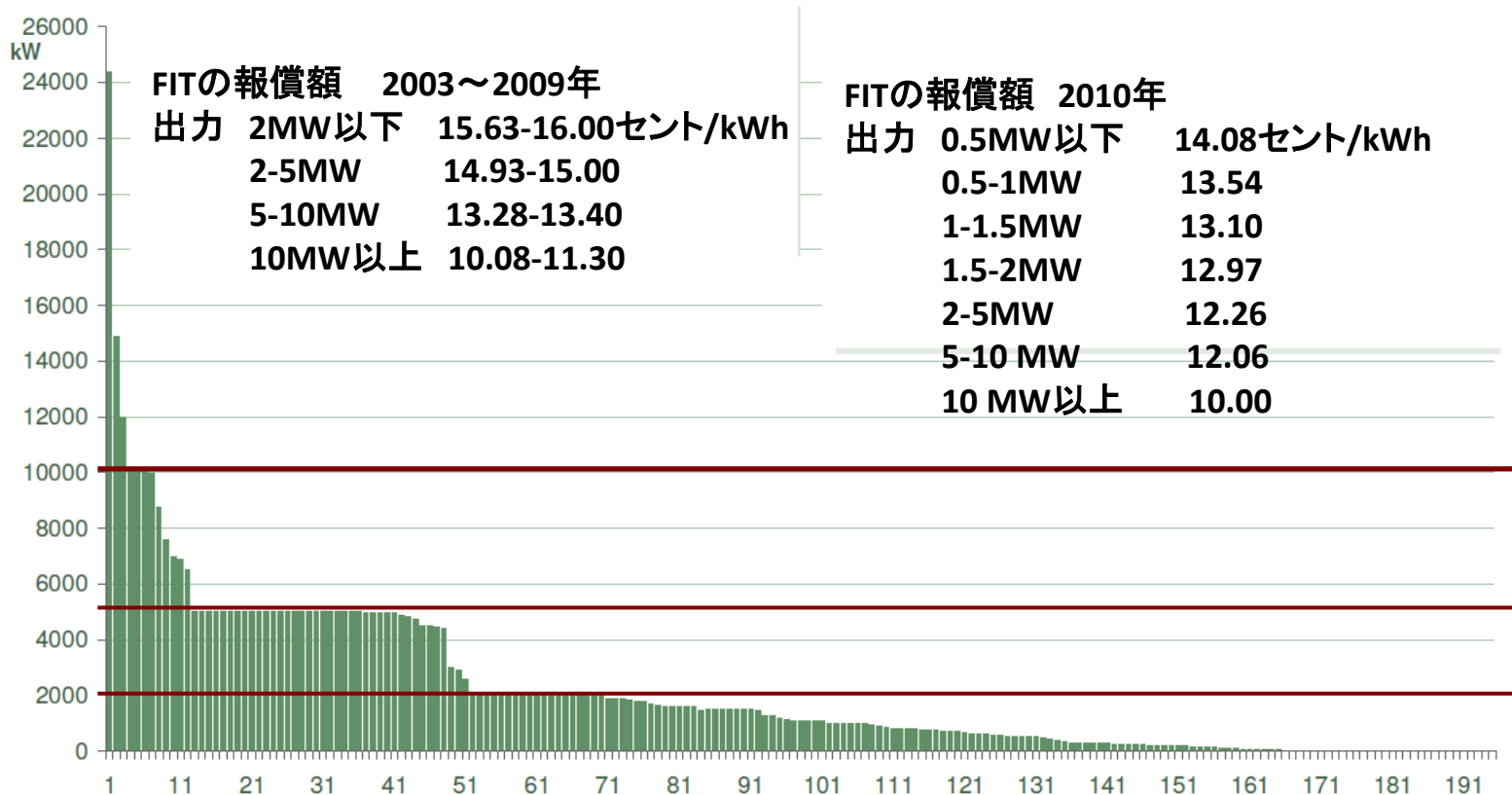
- ・ガス化発電や熱電併給のほうがエネルギー利用上効率的
- ・これらの形態であっても発電部分について固定価格買取制度は適用される
- ・熱利用専用設備の導入費用は、調達価格の算定に当たっての根拠には算入されないが別途補助金による補助が可能になっていることを確認した

バイオマス小規模発電の出力区分

- ドイツ(2000年法)は、 $\sim 0.5\text{MW}$ 、 $0.5\sim 5\text{MW}$ でスタートし、オーストリア(2003年法)は、 $\sim 2\text{MW}$ 、 $2\sim 5\text{MW}$ で出発したが、小出力プラントの増加を受けて、さらに小さなクラスを設けた。
- 下限を 2MW にすると、蒸気タービン発電も視野に入るが、 0.5MW 以下ではガス化発電などが中心になる。
- 先日の調達価格算定委員会での委員長案は、日本で現実稼働している 1.5MW の蒸気タービン発電を参考事例として、別区分(2MW 以下)の調達価格を決めている。

固形バイオマスプラントの規模別分布と報償額

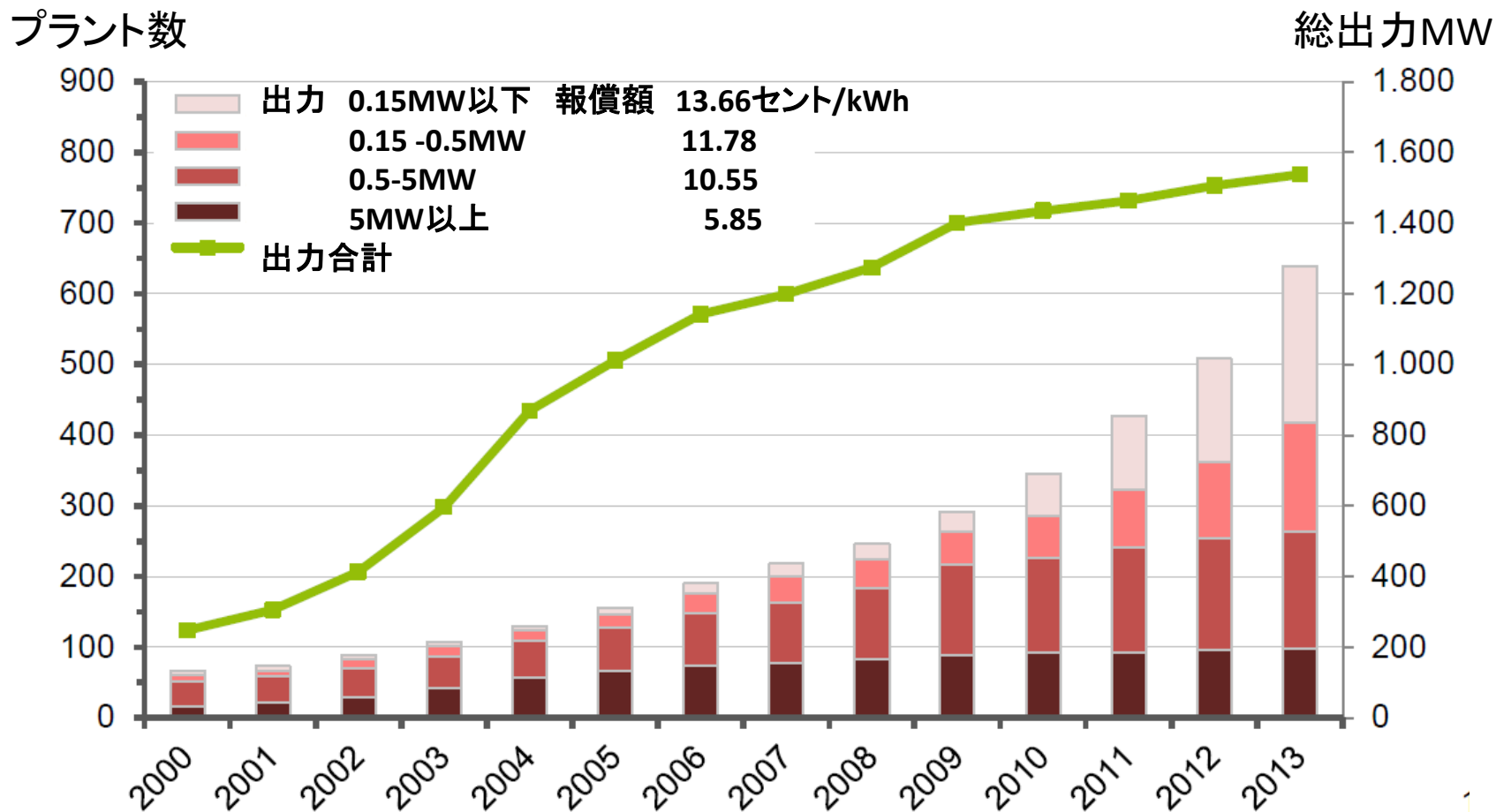
オーストリア 2010年末現在 総数195



出所) E-Control Austria: Ökostrombericht 2011

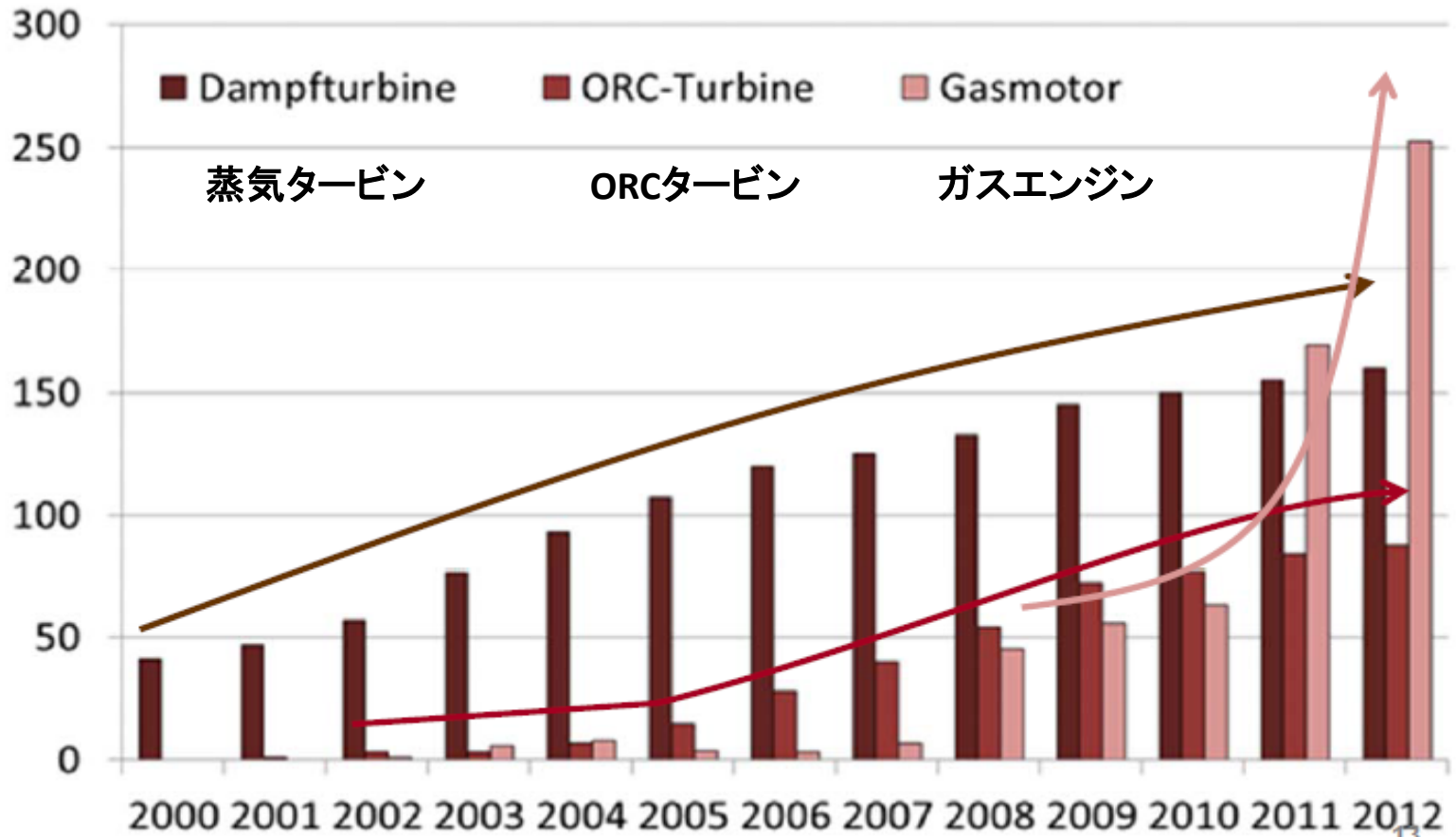
固形バイオマスプラントの規模別推移と報償額

ドイツ、2000～2014年



出所)ドイツバイオマス研究センター(DBFZ)資料(2014)

ドイツのFIT対応木質バイオマス発電 発電方式別プラント数の推移



出所)ドイツバイオマス研究センター(DBFZ)資料(2013)

木質バイオマスによる熱電併給システム

発電方式	電気出力 kW	熱出力 kW
直接燃焼 スターリングエンジン	0.5-10	5-100
ORC タービン	300-2,500	2,000-15,000
蒸気タービン	5,000-50,000	20,000-200,000
ガス化発電 ガスエンジン	20-5,000	80-20,000

出所)オーストリアバイオマス協会冊子『Holz-Strom(木材による発電)』2013年

木質バイオマスプラントの発電コスト

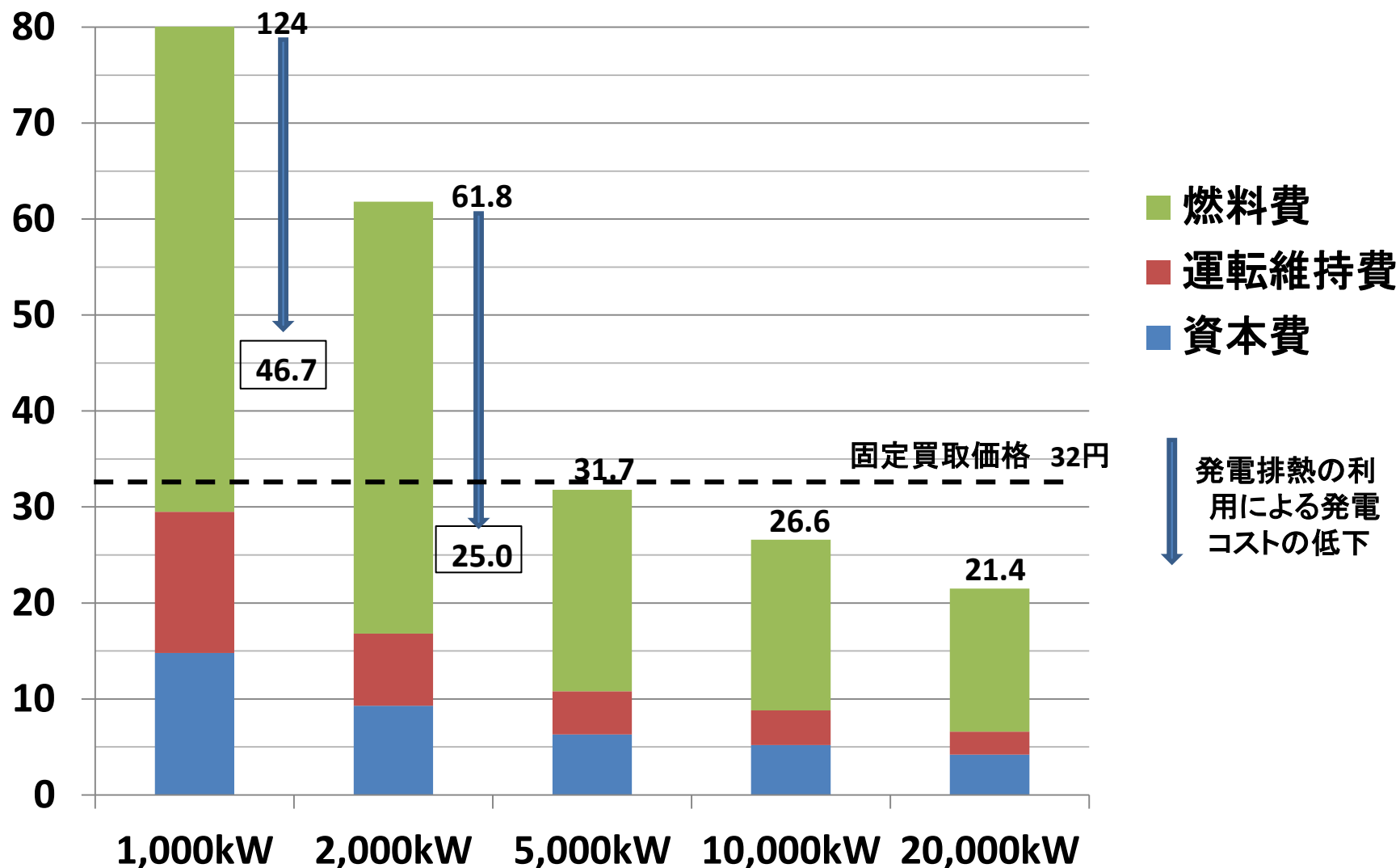
～電気出力規模別の比較～

電気出力	1MW	2MW	5MW	10MW	20MW
発電コスト 円/kWh 熱収入考慮のコスト	124.0 (46.7)	61.8 (25.0)	31.7	26.6	21.4
内訳 資本費	14.8	9.3	6.3	5.2	4.2
運転維持費	14.7	7.5	4.5	3.6	2.4
燃料費	94.5	45.0	21.0	17.8	14.9
建設費単価 万円/kW	52.17	46.12	38.11	32.06	26.00
熱効率 %	8.0	12.0	20.7	24.4	28.2

前提 ○燃料:未利用木材 12MJ/kg(水分40%) 単価 12,000/t、○IRR:8%(資本費)
 ○プラントの建設費と熱効率は2013年までに建造されたプラントの実績値より推計
 ○熱収入:熱回収効率45%、廃熱利用率60%、ボイラ効率90%の石油ボイラの熱を代替すると仮定。A重油:39.1MJ/kg、100円/L

出所)多喜真之、山本博巳、市川和芳「国内バイオマス発電の経済性評価」第31回エネルギー・システム・経済・環境コンファレンス(エネルギー資源学会)、2015/1/27-28

木質バイオマスプラントの発電コスト(円/kWh)



出所) 多喜真之、山本博巳、市川和芳「国内バイオマス発電の経済性評価」第31回エネルギー・システム・経済・環境コンファレンス(エネルギー資源学会)、2015/1/27-28

ようやく出現した木材ガス化CHPユニットの商用機

○これまでの状況と経緯

- ・木材をガス化してガスエンジン/タービンで発電するユニットの研究開発は世界の各地で早くから行われていたが、長時間安定して稼働する商用機は出ていなかった。
- ・それが2010年ころから2種類の商用機が、ドイツの市場に投入され、普及の兆しを見せている。

○発電コスト

- ・設備費と運転コストが比較的安く抑えられていて、発電コストにおいてもRCタービンや、蒸気タービンと比べて、遜色がない。
- ・ただし、発電コストは、電気や熱の販売価格、稼働時間等によって大幅に変化する。

○成功したユニットの特徴

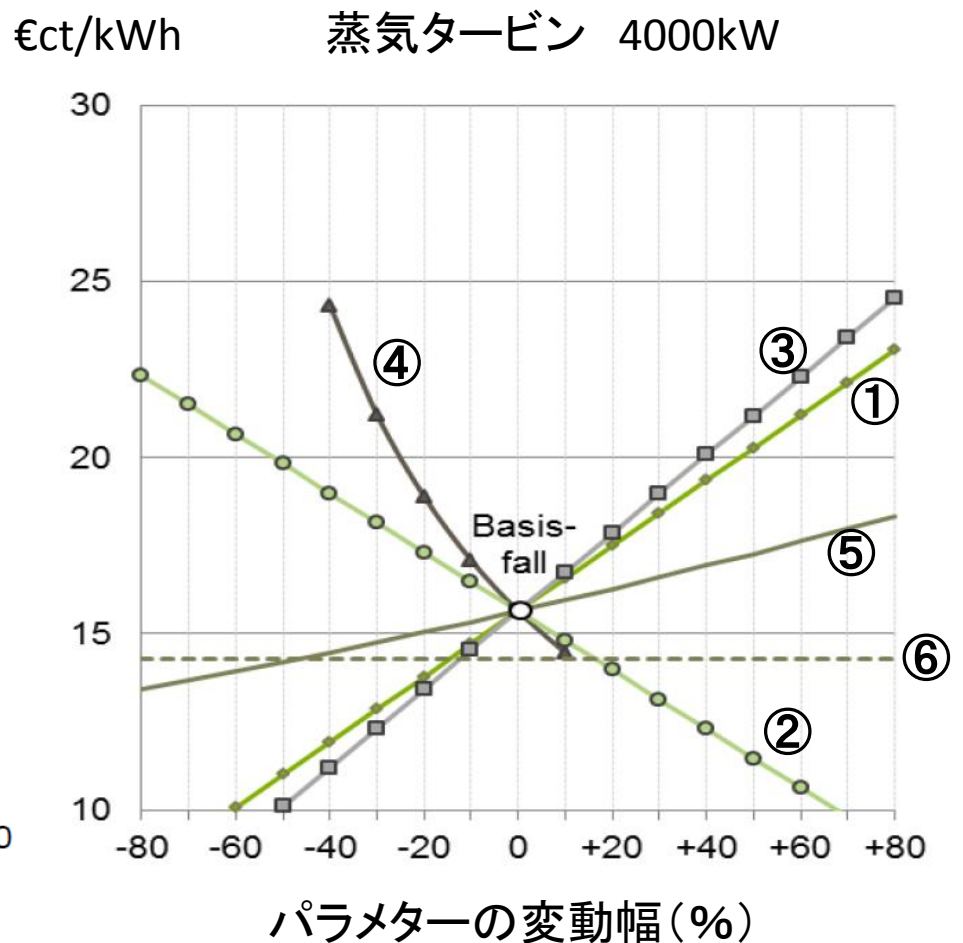
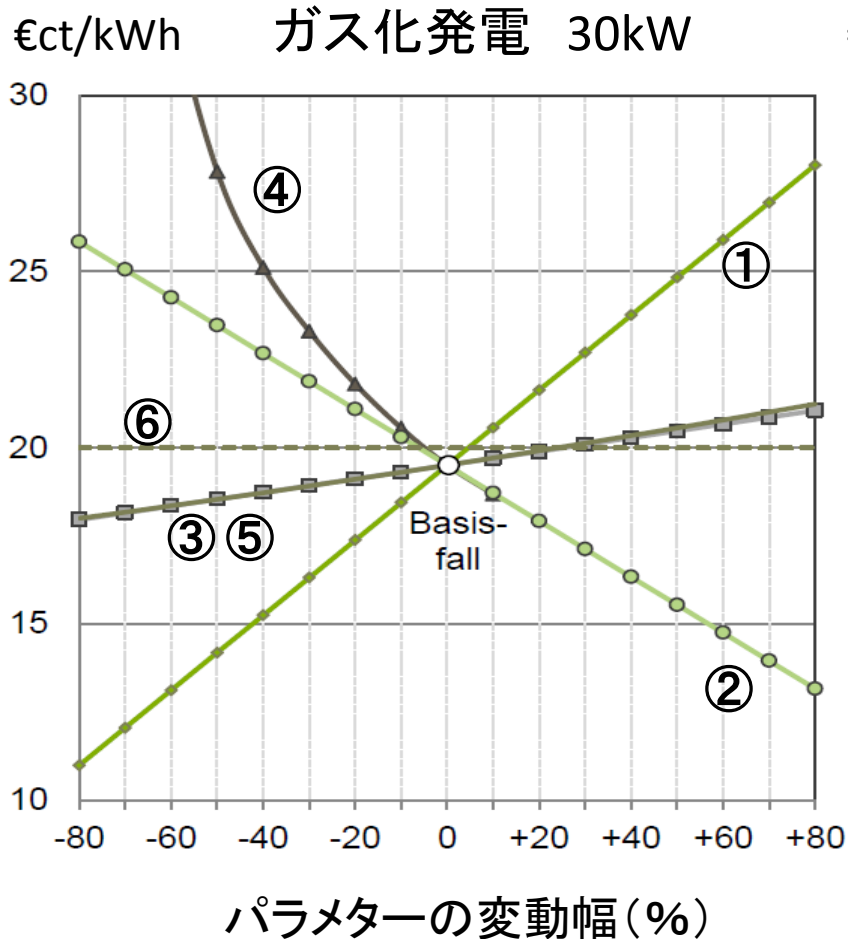
- ・乾燥チップやペレットのような質の高い木質燃料に特化したこと
- ・ガス化炉や浄化の装置は選択した燃料に合わせて小型でコンパクトな構造になっていること
- ・各種のセンサーを要所に付け、ガス化発電プロセスを自動的に制御していること
- ・量産により設備コストの削減が実現したこと

固形バイオマスを用いた発電のコスト ドイツのモデルプラントの場合 (€ct/kWh)

収支項目	30 kW ガス化	170kW ガス化	1000kW ORC	4000kW 蒸気
費用項目 資本設備	10.9	5.0	10.5	8.7
燃料関連	12.3	15.0	14.6	11.0
運転関連	3.5	3.7	3.7	2.7
その他	1.0	1.0	0.8	1.6
熱供給を含む費用の合計	27.6	24.7	29.6	24.0
熱収入	7.9	5.5	10.2	8.4
熱収入を考慮した発電コスト	19.7	19.2	19.3	15.6
参考 燃料の種類	乾チップ	ペレット	チップ	チップ
燃料単価 €/t(絶乾)	129	160	85	85
熱の販売価格 €/kWh	0.05	0.05	0.03	0.03
年間稼働時間	8000	8000	7500	7500

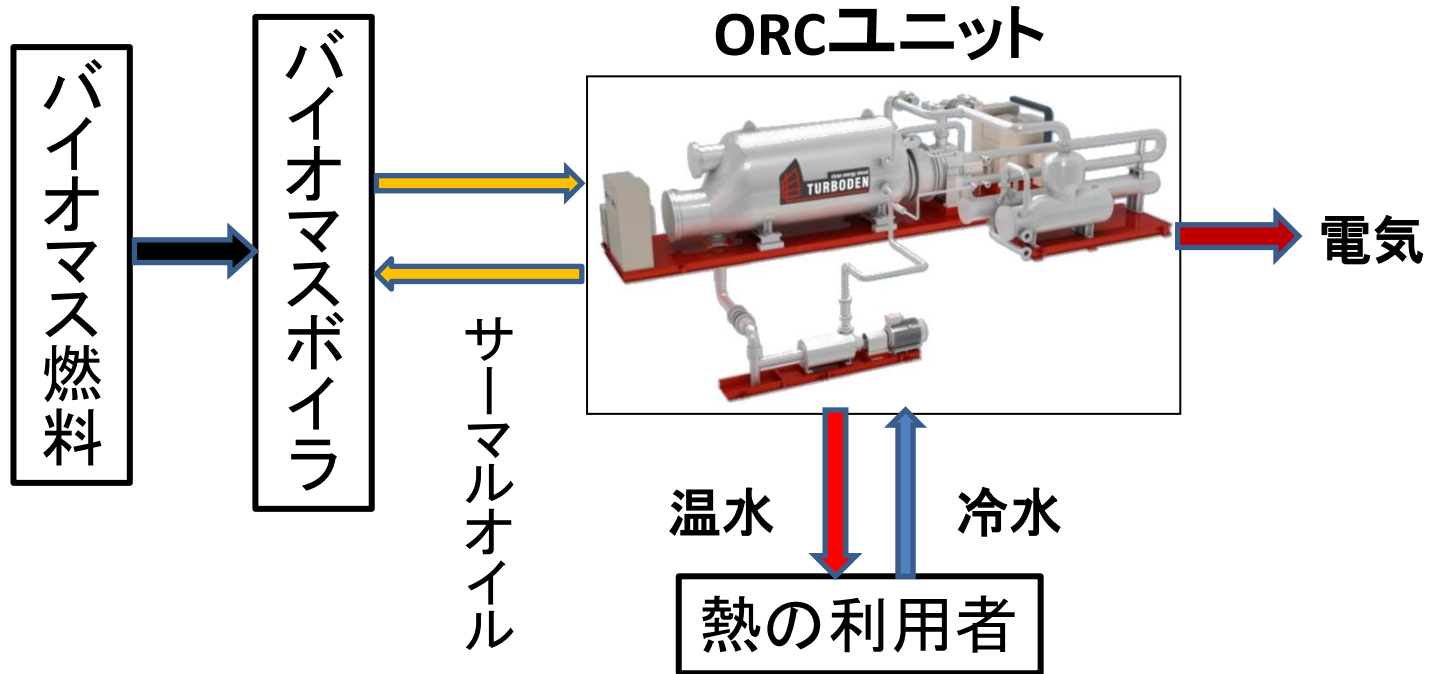
出所)ドイツ連邦経済エネルギー省 : Vorhaben Ila Stromerzeugung aus Biomasse, Juli 2014

発電コストの感度分析



パラメーター: ①燃料価格 ②熱の販売価格 ③設備投資
④年間稼働時間 ⑤利子率 ⑥EEG-2012の報償額

ORCによる熱電併給

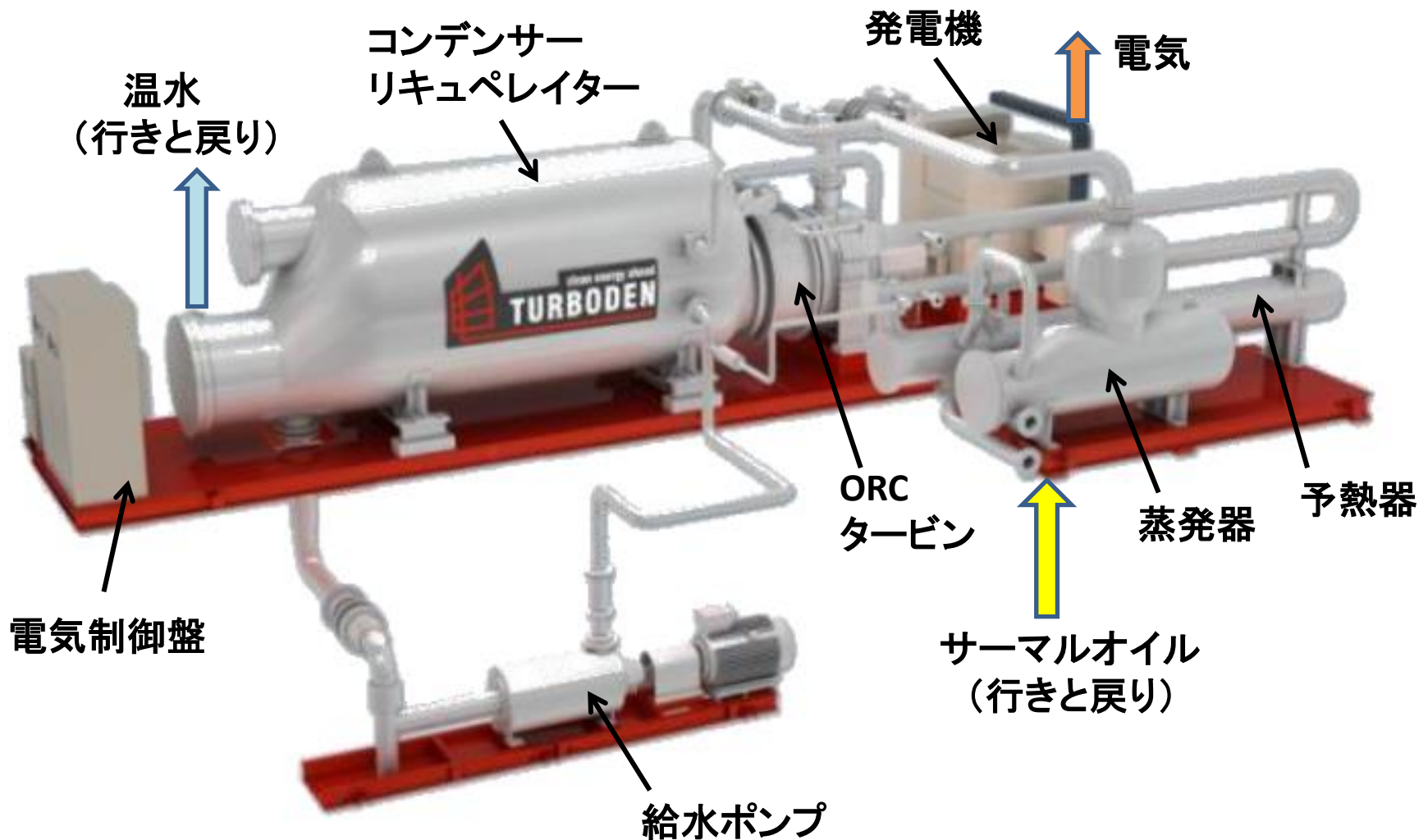


サーマルオイル経由の熱の投入	100%
有効な熱への変換	78%
電気への変換	20%
熱の損失	2%

出所) www.turboden.eu

ORCユニットの構成

TURBODEN 1 MWe modular



木材ガス化CHPプラントの一例

Burkhardt V. 3.90
燃料 木質ペレット
電気出力 180kW
熱出力 270kW
発電効率 30%強
総合効率 約75%



出所) www.burkhardt-gmbh.de

これからは分散型の熱電併給が主流になる

○木質バイオマス資源の希少性が増すにつれて効率的な資源利用が要求される

- ・木質バイオマスの変換効率

 - 発電:25% 熱生産:90% 熱電併給:60~80

- ・中欧のFITでは総合効率60%以上でないと買取の対象にならない

○CO₂削減が強く求められると熱利用優先となる

- ・1トンのチップ(4MWh/t)で化石燃料を代替した場合のCO₂削減量

 - 発電に向けた場合:約0.5トン 熱生産に向けた場合:約1トン

○大規模なバイオマス発電専用プラントは事業リスクが大きい

木材加工業に付設された熱電併給プラントに比べて、燃料の安定確保と廃熱利用が難しく、事業的に破たんした例は数多くある。

木質エネルギーは中山間地のエネルギーだ

- かつて木質燃料は中山間地の重要なエネルギー源であり、薪炭の生産は地域経済の支えでもあった。その構造が1960年代から始まる「燃料革命」で崩壊したため、中山間地では雇用が失われたうえに、必要なエネルギーを外部から購入しなければならなくなった。近年では期待された用材生産も不振を極め、森林の管理放棄が広がっている。
- 21世紀に入って状況が大きく変化し、原油価格から逆算される木材のエネルギー価値は1m³当たり1万円のレベルに達した。中欧では「燃料革命」とは逆の、化石燃料を木質燃料で置き換える「エネルギー転換(Energiewende)」が始まっている。
- このエネルギー転換の主要な舞台は都市ではなく、中山間地だ。なぜなら、中山間地は木質燃料の生産と消費において最も有利な条件に恵まれているからであり、またそれが疲弊した地域経済の活性化と森林・林業の再生に直結するからである。

中山間地における木質バイオマス利用の構図

○個別的な熱供給

- ・住宅や事業所にストーブや比較的小型のボイラを個別的に導入
- ・少数の構造物を対象にした小規模な地域熱供給(マイクロネッツ)
- ・燃料は薪、ペレット、比較的上質の木質チップ

○製材工場のCHPプラント(木材乾燥、ペレット製造の熱源)

○地域熱供給のCHPプラント

- ・大型の建造物が集まっている地域を対象に集中的な冷暖房・給湯と同時に発電も行う
- ・燃料は個別熱供給に向けられない低質の森林チップのほか、雑木山や竹林の整理、さらには景観維持で発生する雑多なバイオマスや畜糞などの農業残滓、乾燥した生活ごみの一部も利用
- ・技術的には何でも燃やせる堅牢なボイラにしっかりした除塵装置をつけ、発電は通常の蒸気サイクルではなく、小規模でも発電効率が比較的高く、人手のかからないオーガニック・ランキン・サイクルの導入を検討する。電気の出力規模は2000kW程度まで。

木質エネルギーと広葉樹施業の新しい展開

○放置されている旧薪炭林(広葉樹林)の施業が可能になる
⇒除伐、整理伐、優良木施業など

○除伐材の利用

マテリアル利用 パルプ原木、シイタケ原木

エネルギー利用 薪、ペレット原料

低質バイオマス⇒地域での熱電併給

○地域での熱電併給

参考モデル⇒オーストリアの地域熱供給システム

・自伐林家による除伐の実行とチップ生産

・林家組合または地域住民によるCHPプラントの運営

○広葉樹林施業の「森林経営計画」への組み込み

森林計画への組み込みで除伐材供給の持続性を確保

⇒電気は40円/kW(未利用木材)で販売可能

○急がれる路網整備

天然生林では路網密度がきわめて低く、これが最大の
ネックになっている