

欧州に学ぶバイオマスエネルギーの制度設計

松原弘直

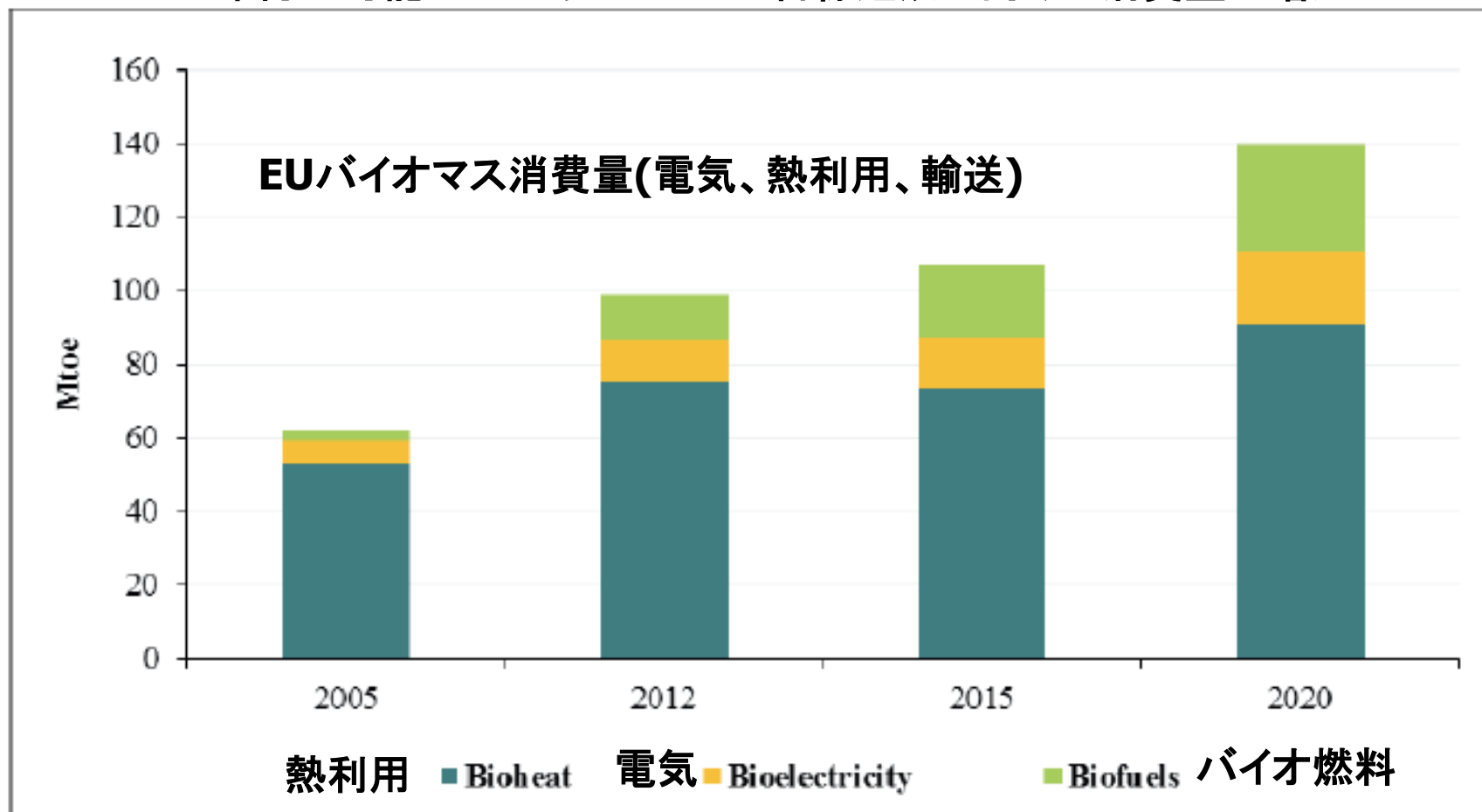
認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

2018年11月30日

認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所
東京都新宿区四谷三栄町16-16 iTEXビル
Tel 03-3355-2200 Fax 03-3355-2205
<http://www.isep.or.jp/>

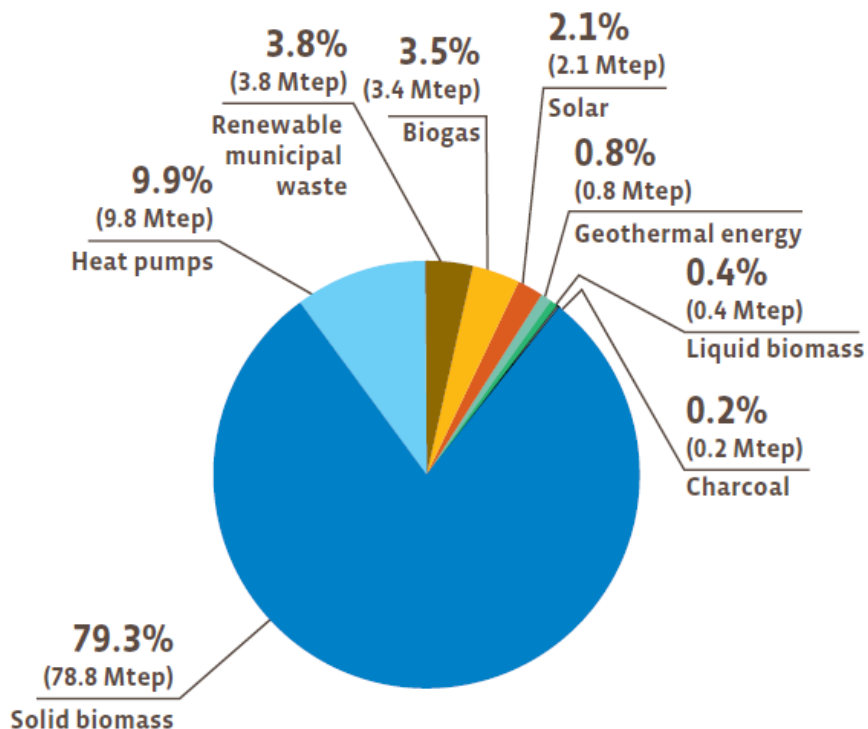
欧州(EU)でのバイオマスエネルギー消費量の推移

2020年再生可能エネルギー20%の目標達成に向けて消費量が増加



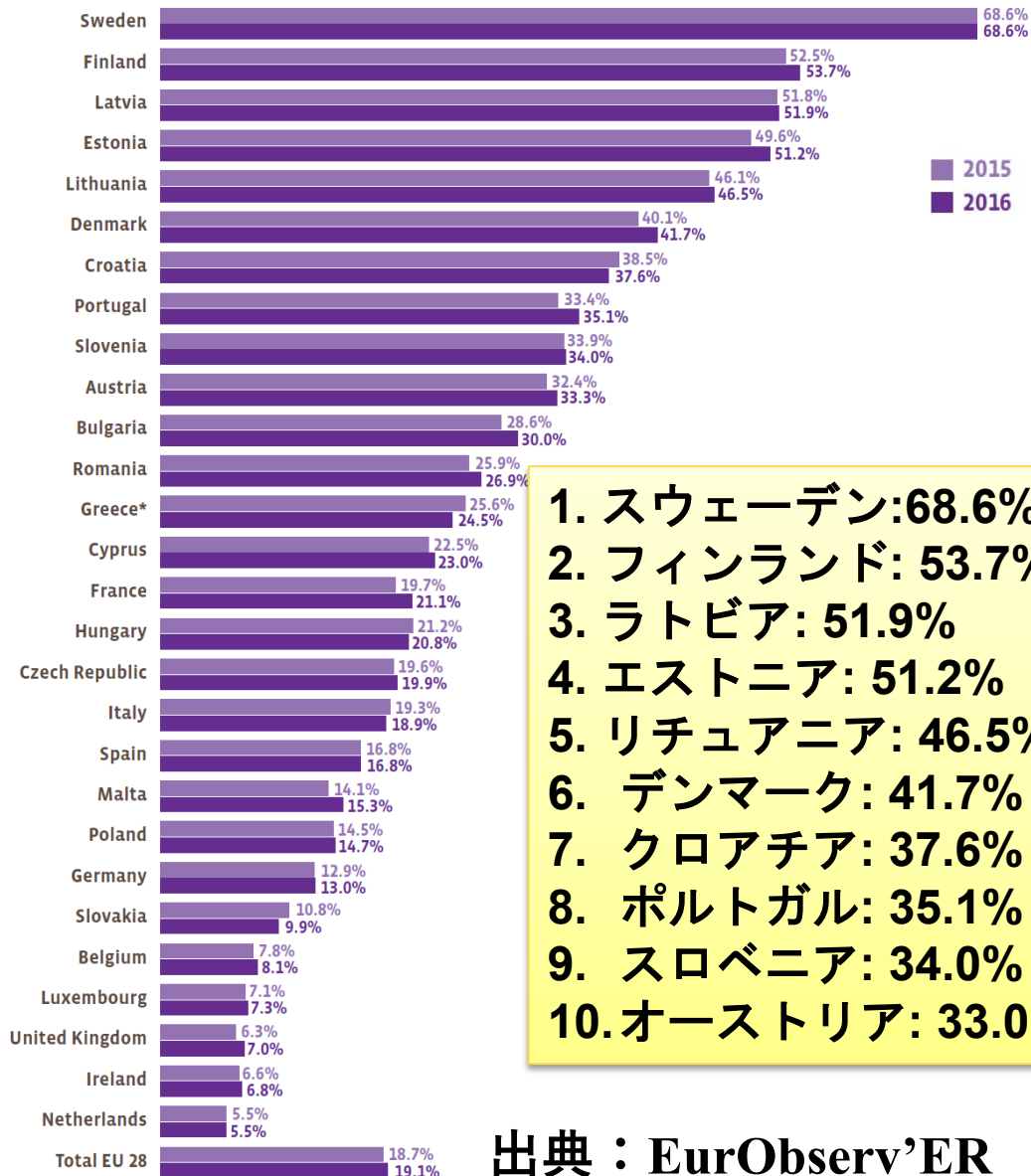
出典: EU 2014 "State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heat and cooling in the EU"

欧州(EU28カ国)の再生可能エネルギー熱の普及率



2016: total 99.3 Mtep

- 固体バイオマス: 79.3%
- ヒートポンプ: 9.9%
- 廃棄物: 3.8%
- バイオガス: 3.5%
- 太陽熱: 2.1%
- 地熱: 0.8%

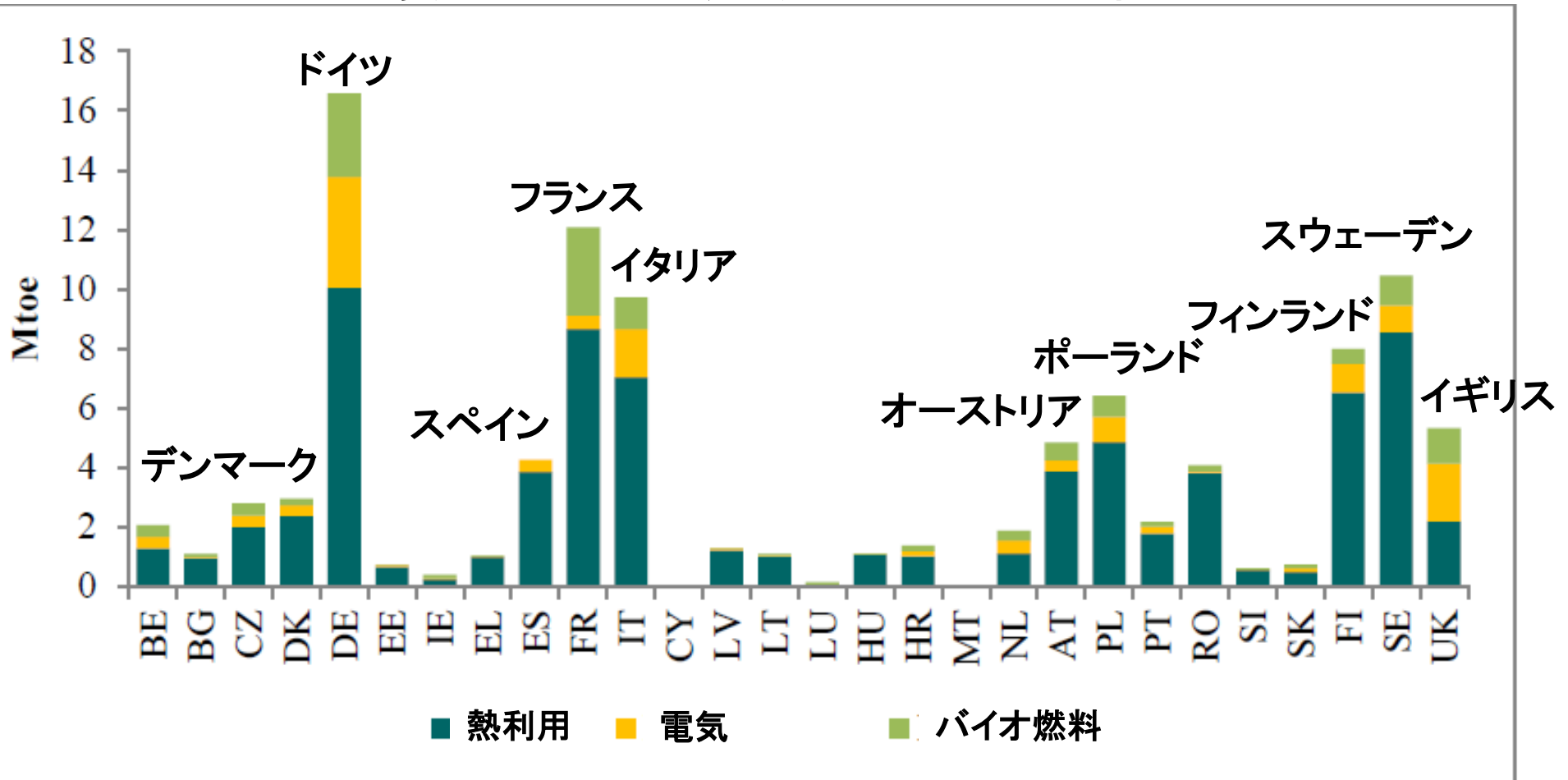


1. スウェーデン: 68.6%
2. フィンランド: 53.7%
3. ラトビア: 51.9%
4. エストニア: 51.2%
5. リチュアニア: 46.5%
6. デンマーク: 41.7%
7. クロアチア: 37.6%
8. ポルトガル: 35.1%
9. スロベニア: 34.0%
10. オーストリア: 33.0%

出典: EurObserv'ER

EUの国別のバイオマスエネルギー消費量(2014年)

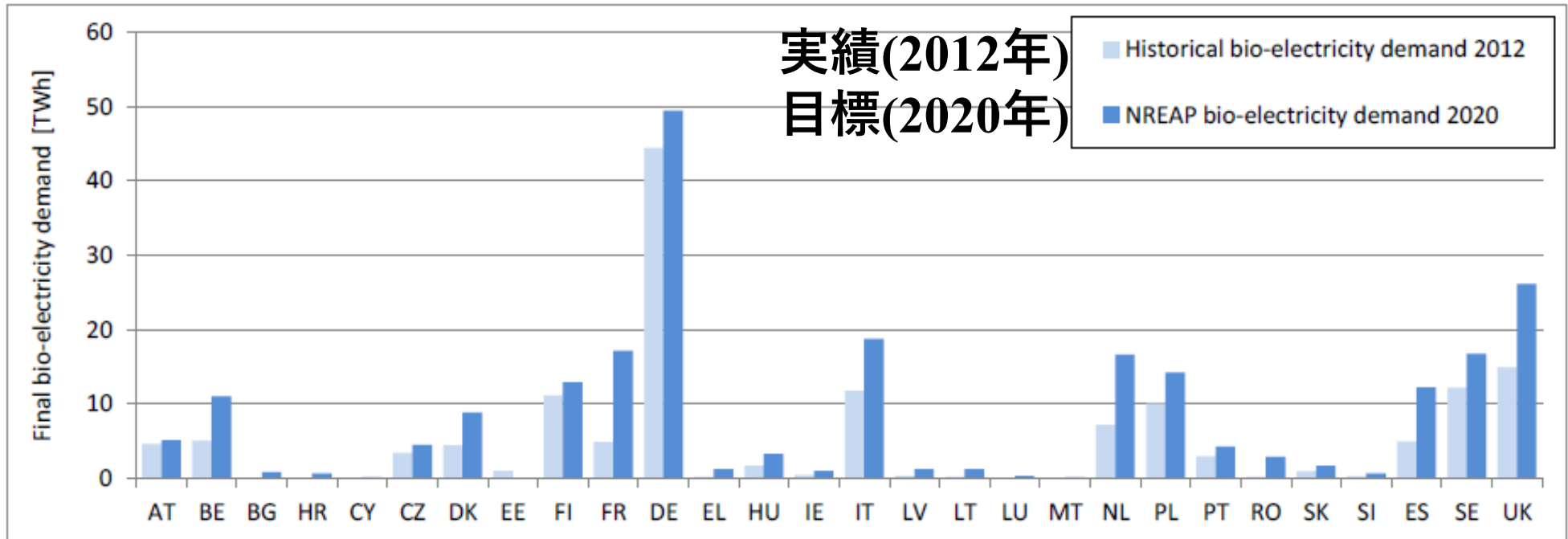
国別では、ドイツ、スウェーデン、フィンランド、イタリア、ポーランド、オーストリアなどがバイオマスエネルギーの消費量が大きいが、いずれも熱利用が主体。



出典: 欧州委員会(2016) "IMPACT ASSESSMENT: Sustainability of Bioenergy"

EUの国別のバイオマス発電量の実績と目標の乖離

バイオマス燃料の持続可能性のリスクや発電コストなどの理由により多くの国で2020年の目標(発電)の達成は困難になりつつある。

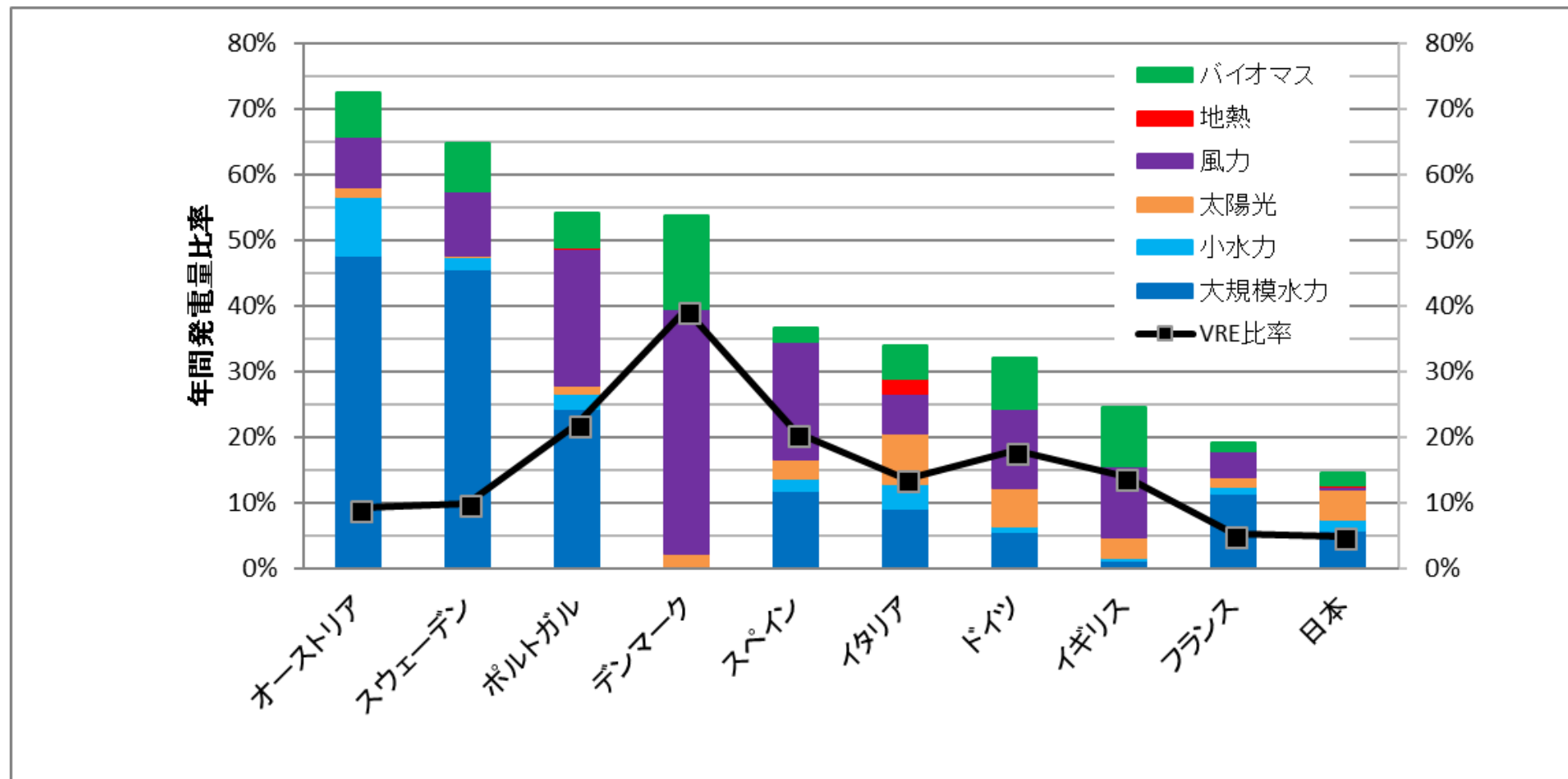


Source: Eurostat, Fraunhofer ISI and NREAPs

出典: 欧州委員会(2017) "Sustainable and optimal use of biomass for energy in the EU beyond 2020"

欧州各国と日本の再生可能エネルギー電力比率

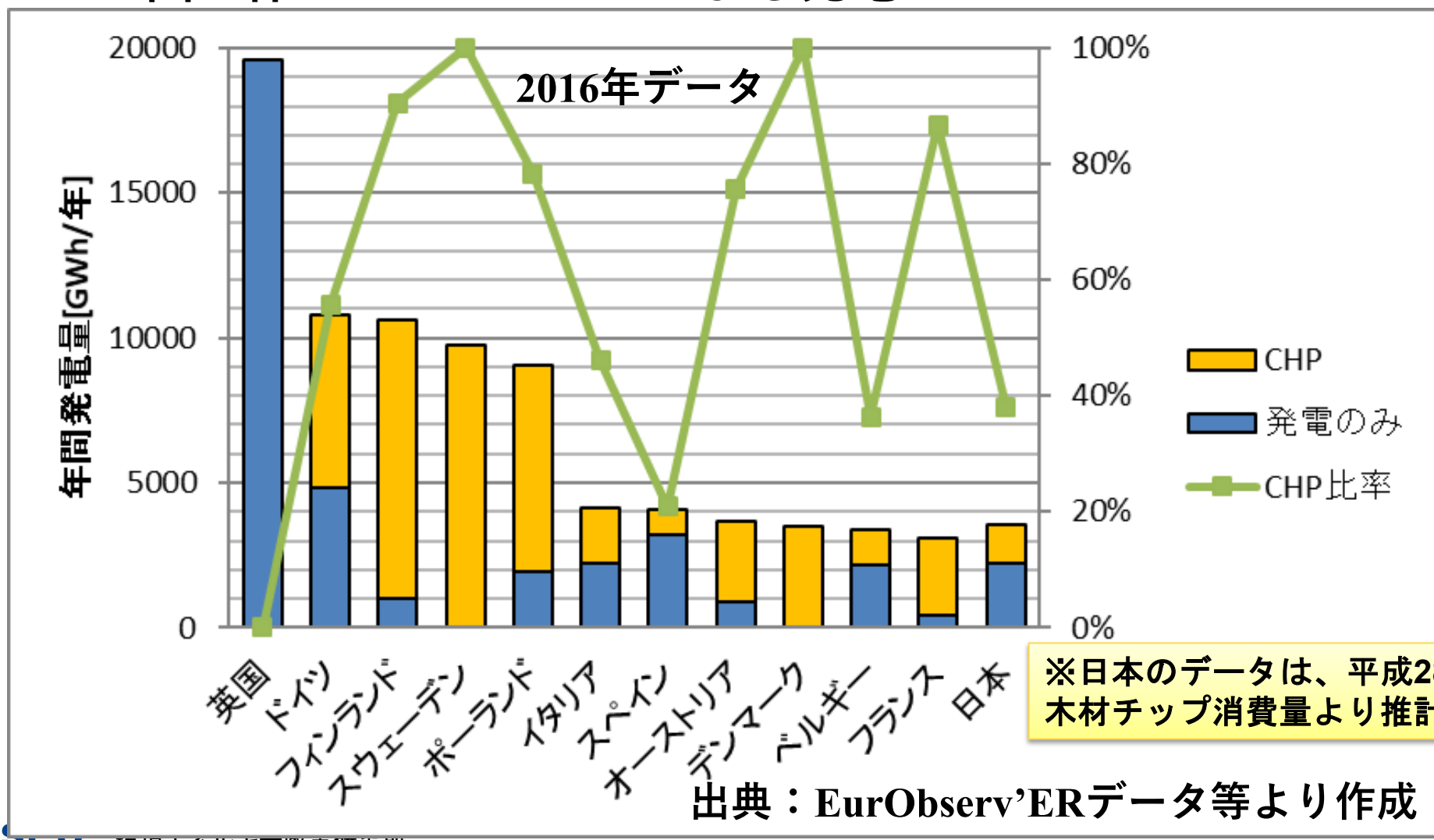
- 欧州(EU28カ国)では再生可能エネルギー電力比率が5カ国が50%を超え、12カ国が30%を超える(2016年の年間発電量に対する比率)



出所：EurObserv'ERデータ等よりISEP作成

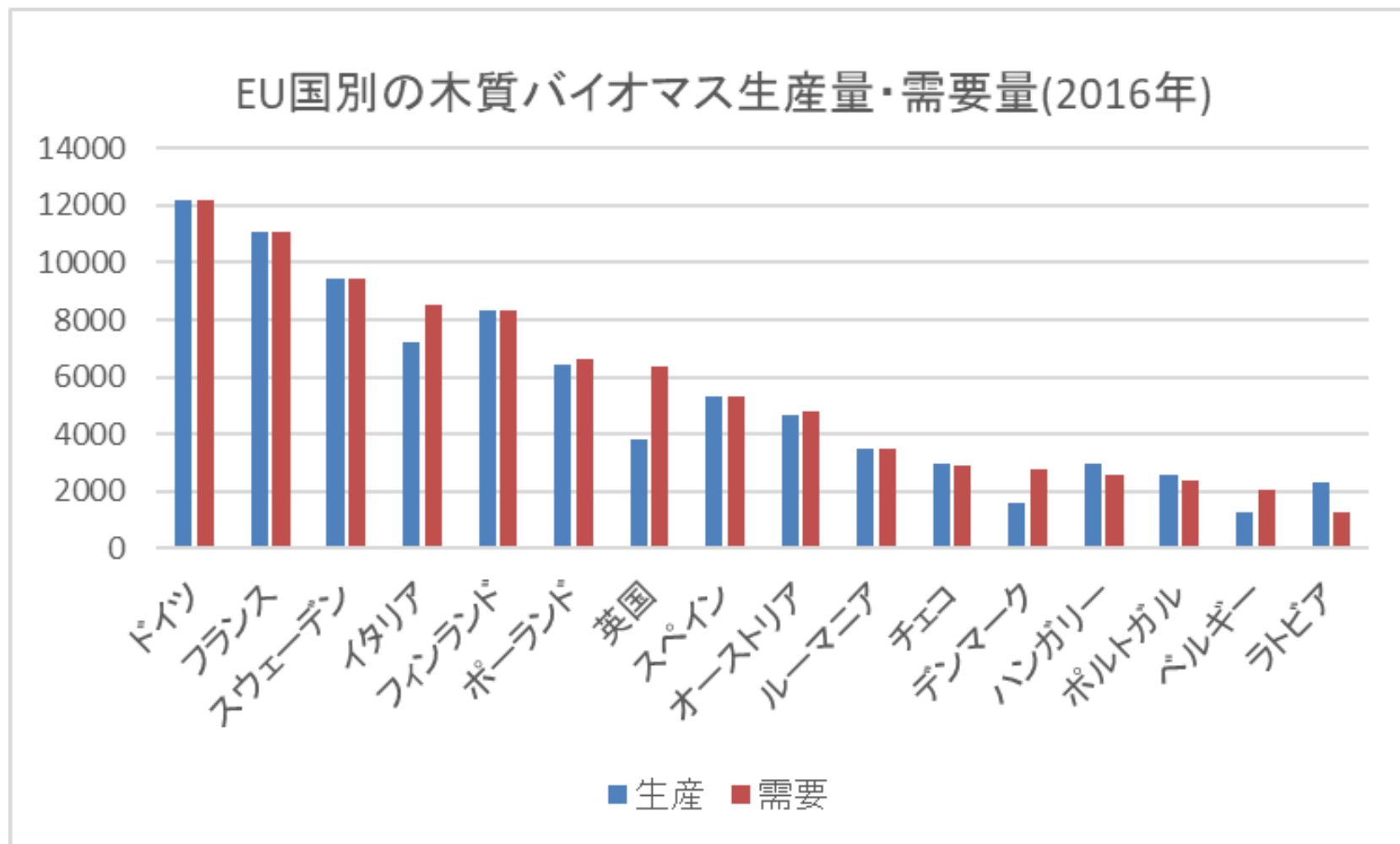
EUの国別の木質バイオマス発電の年間発電量(2016年)

英国以外の国では、木質バイオマス発電の主力はCHP(熱電併給)
EU28カ国全体では57%がCHPによる発電



EUの国別の木質バイオマス燃料の生産量・需要量(2016年)

需要が生産量を上回るのは、イタリア、英国、デンマーク、ベルギー等



出典：EurObserv'ERデータ等より作成

EUの大規模な木質バイオマス発電所

Drax 発電所(英国): 英国最大の石炭火力発電所
出力378万kW(6基)のうち3基をバイオマス転換
(ペレット年間750万トン)



Operator	Country	Operational capacity (MW)	(MWh)
Drax Group	United-kingdom	n.c.	12 700
Pohjolan Volma	Finland	687 MW (elec) 1 198 MW (heat)	n.c.
E.on	Germany	468 MW	n.c.
Fortum	Finland	592 MW(elec) 477 MW (heat)	n.c.
Vattenfall	Sweden	281 MW	800
Engie	France	285 MW	1 750
Dalkia	France	1,8 M tons of wood used	n.c.
Zellstoff Stendal	Germany	135 MW	n.c.
Kaukaan Volma Oy	Finland	125 MW (elec) 110 MW (heat)	n.c.

Sources: Eurobserv'ER 2017, based on companies annual reports and communication.

出典：EurObserv'ER Solid Biomass Barometer

EU:固体バイオマスおよびバイオガスのエネルギー利用(2010年) (発電、熱利用)に関する持続可能性のレポート(課題および基準の推奨)

■固体バイオマスの持続可能性に関する課題

- 生産時の持続可能性(土地の管理, 伐採と植林)
- 土地利用、土地利用の変更、森林会計
- ライフサイクル温室効果ガス評価
- エネルギー変換効率

EC(2010): Report “on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling ”

■固体バイオマスの利用に関する持続可能性スキーム・基準をEU各国に推奨

○推奨する基準:

- 温室効果ガス評価基準
- 温室効果ガス排出量の計算方法
- より高いエネルギー変換効率
- LULUCF 会計およびREDDに関連する条件

○基準を適用する規模: 熱出力1MWあるいは発電出力1MW

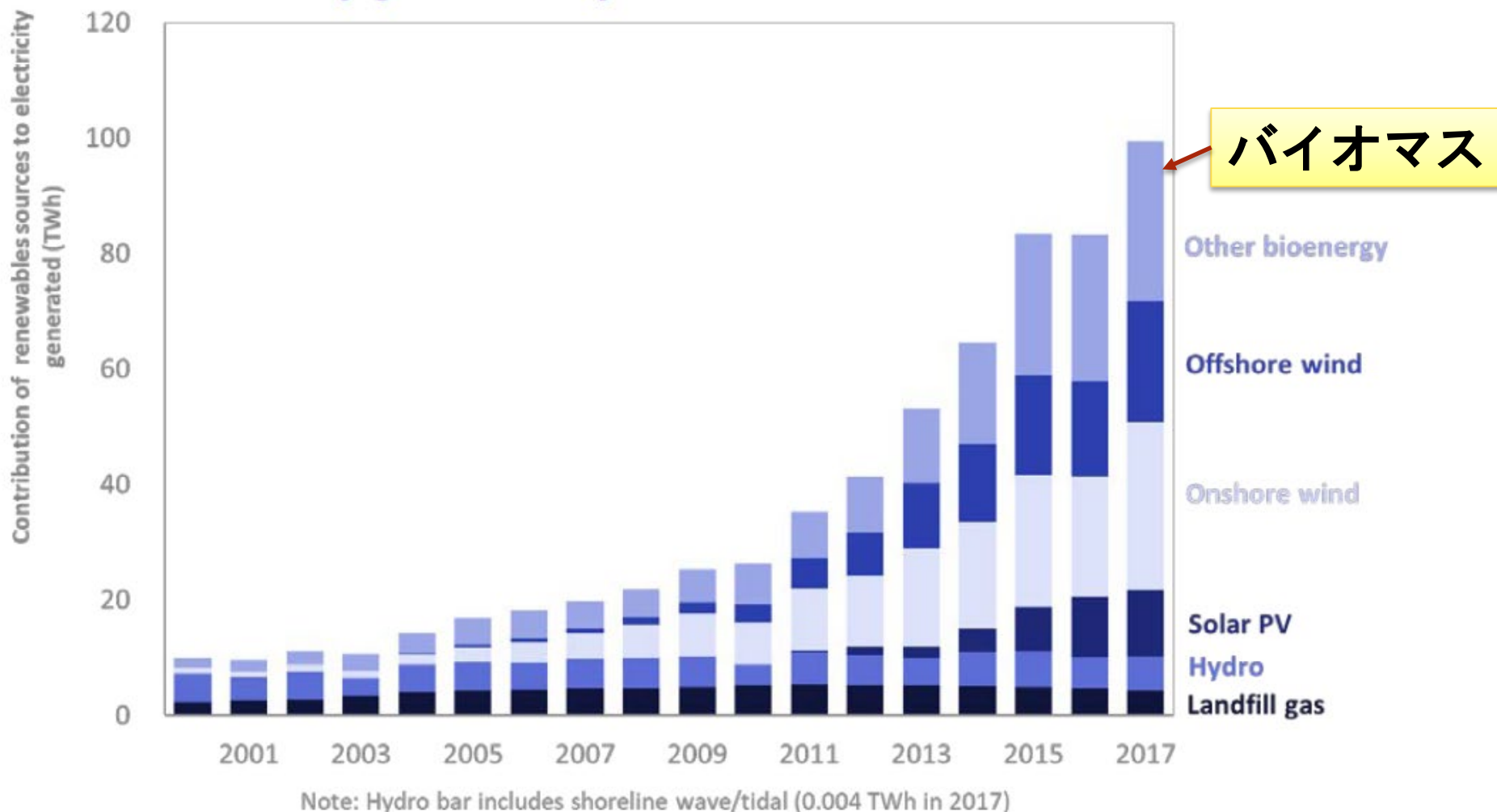
○統計およびモニタリング: 1MW以上を推奨



- EUがSFM(持続可能な森林管理)基準を策定(2014年)
- イギリスとオランダなどバイオマスを推進する数カ国が持続可能性基準を策定
- EUが2030年のRE導入目標(最終エネルギー需要の32%←27%)で合意

英国の再生可能エネルギー導入量(発電量)

バイオマス発電の設備容量は6GWに達し、7割が木質燃料(ペレット等)



出典: Digest of UK Energy Statistics (DUKES): renewable sources of energy

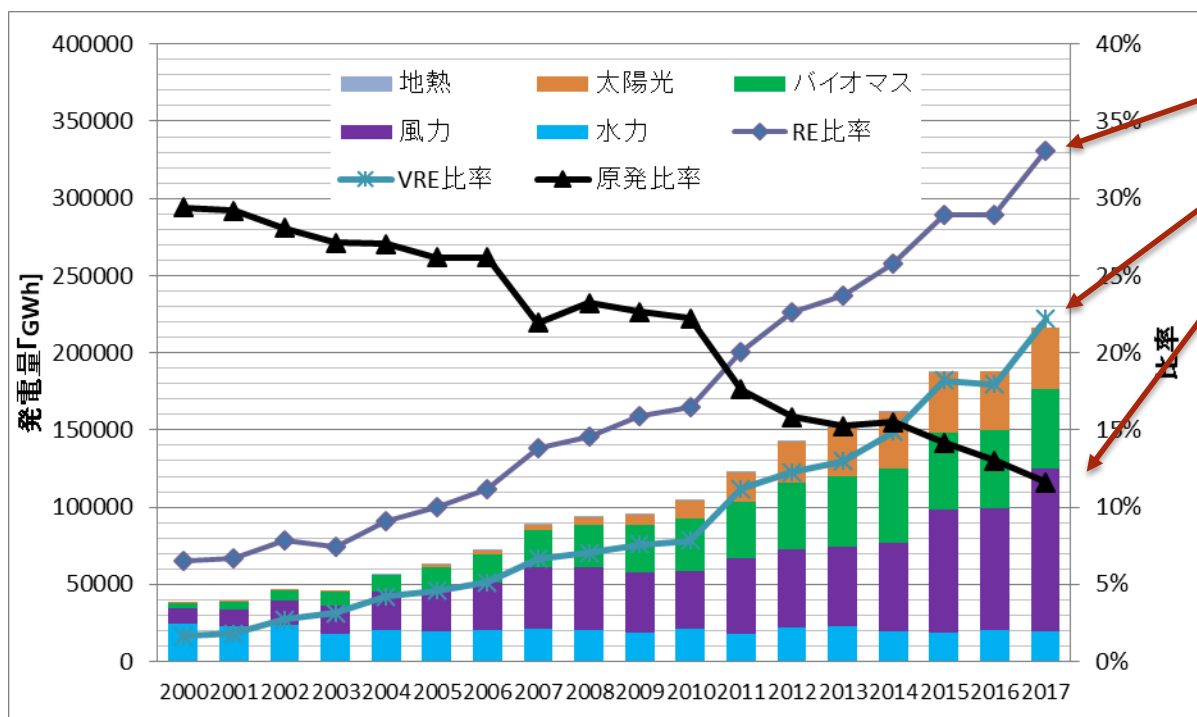
環境エネルギー政策研究所

英国の再生可能エネルギー政策(木質バイオマス関連)

- 英国の再生可能エネルギー(RE)電気の目標は30%(2020年)だが、35%に達する見込み。EU指令(2009年)に基づく最終エネルギー消費に対するRE目標値は15%だが、2017年の実績は10.2%
- RO(Renewable Obligation): 2002年4月からスタートし、電力会社にROC(Renewable Obligation Certificate)の購入が義務づけられている。発電種別ごとにROCの単位(MWh毎)が異なり、運営機関Ofgemがシステムを管理している。2017年3月に新規設備の認定が終了しCFD(Contracts for Difference)に移行したが、既存の発電設備は20年間の認定期間がある。RO等による電気料金への負担(Cost)を抑制するためにLCF(Levy Control Framework)制度が2011年に導入された。
- バイオマス発電(混焼を含む)は、Bioenergy Strategy(2012年)によりROの対象としてサポートが強化され、2025年までに廃止を目指す石炭火力からの移行が進められた。
- ROによるサポートは、CHPとバイオマス比率により優遇されている。100%バイオマスの発電のみで1.0ROC/MWhだが、50%バイオマスで0.5ROC/MWh、CHPの場合は最大1.5ROC/MWh(しかし、CHPの導入は進んでいない)
- バイオマスの持続可能性基準: ROに認定されるバイオマス発電(1MW以上)のバイオマス燃料は持続可能性基準を満たす必要がある(2011年4月より)。
 - 土地基準: バイオマスを供給する土地の制限(一次林、保護地域、泥炭地など)
 - GHG基準: ライフサイクルに渡る温室効果ガス(GHG)排出(GHG60%削減以上)

ドイツの固定価格買取制度(FIT制度)： EEG法(再生可能エネルギー法)の成果と目標

- EEG法が2000年より施行され、自然エネルギー比率が2017年には約33%に達している
- 発電量に占める自然エネルギーの割合を2050年には80%にすることを目標に。



目標値

RE発電比率
33.1%
VRE比率
22.2%
原発比率
11.6%

発電量RE比率	
2050年	80%
2035年	55-60%
2030年	50%
2025年	40-45%
2020年	35%

EEG法(FIT)

2014年実績：
FIT賦課金総額：223億ユーロ
CO2削減量：1.5億トン
輸入化石燃料削減額：82億ユーロ、
設備投資額：188億ユーロ
事業による売上高：141億ユーロ
輸出売上高：100億ユーロ(2013年)

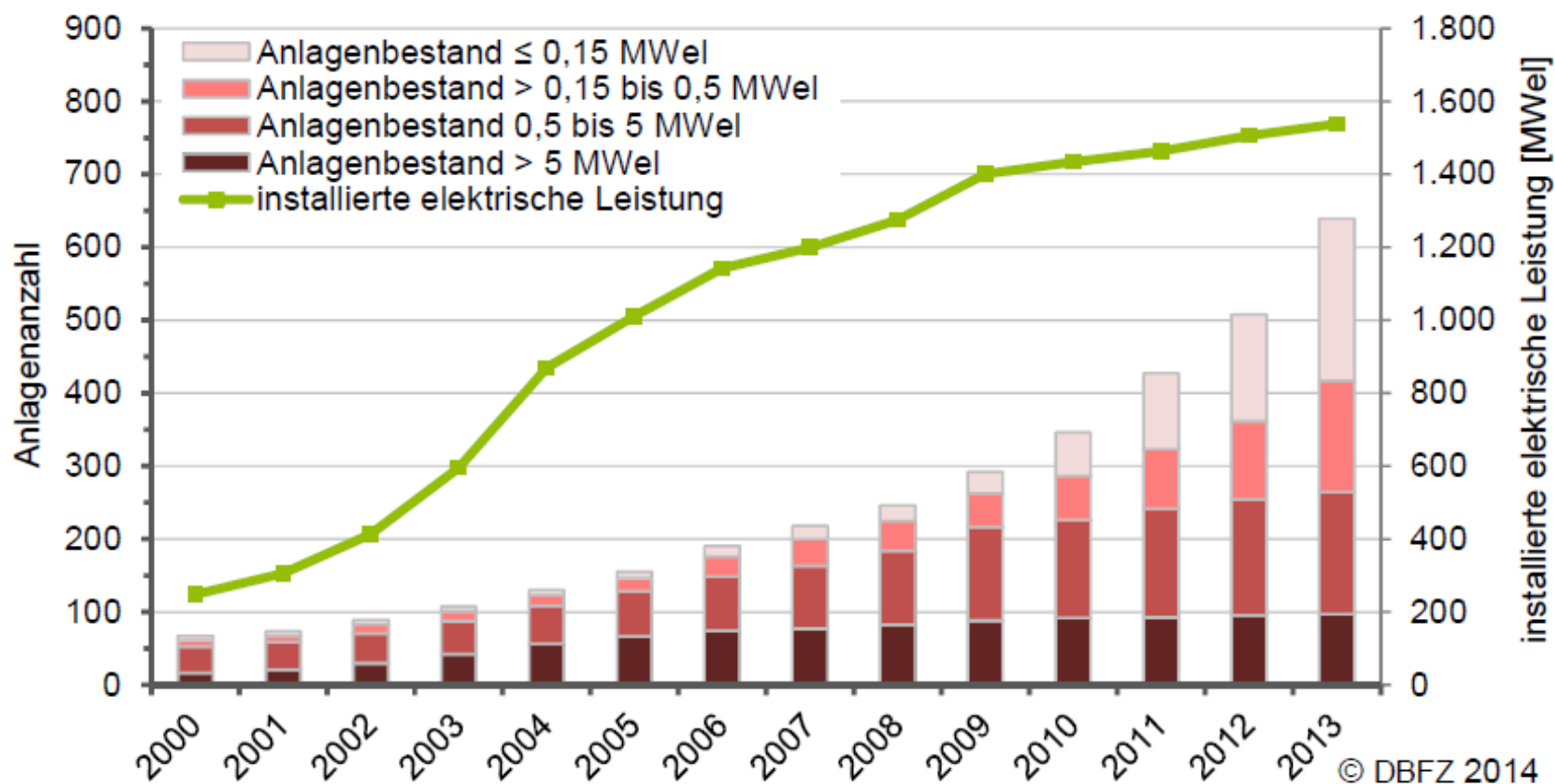
図:ドイツの再生可能エネルギー発電量 雇用効果:38万(2012年)

Energiewende エネルギー転換

太陽光：12.5万人
風力：11.8万人
バイオマス：12.9万人

ドイツのバイオマス発電の推移(2)

- 木質バイオマス発電: 1500MW(2013年)
- 5MW以上: 約100基、500kW~5MW: 約150基、150kW~500kW: 約80基、150kW未満: 約200基



© DBFZ 2014

ドイツのバイオマス発電に関するFIT制度(EEG)の経緯

EEG2000

Anlagenleistung	2000	2001	2002	2003
[kW _{el}]	[ct/kWh _{el}]			
≤ 500	10,2	10,2	10,1	10,0
≤ 5.000	9,2	9,2	9,1	9,0
≤ 20.000	8,7	8,7	8,6	8,5

¹ Vereinfachte Darstellung. Die detaillierten Angaben finden Sie im Gesetzestext.

EEG2004

- ・ 木質バイオマス
- ・ CHPボーナス

EEG2009

- ・ バイオガス
- ・ 小規模ガス化 ボーナス

EEG2012

- ・ 原料ボーナス

EEG2014(ボーナス廃止)

Bemessungsleistung	Vergütung
[kW _{el}]	[ct/kWh _{el}]
≤ 150	13,66
≤ 500	11,78
≤ 5 000	10,55
≤ 20 000	5,85
≤ 500 (Bioabfallanlage)	15,26
≤ 20 000 (Bioabfallanlage)	13,38
≤ 75 (Güllekleinanlage)*	23,73

*installierte Leistung

¹ Vereinfachte Darstellung. Die detaillierten Angaben finden Sie im Gesetzestext.

廃棄物

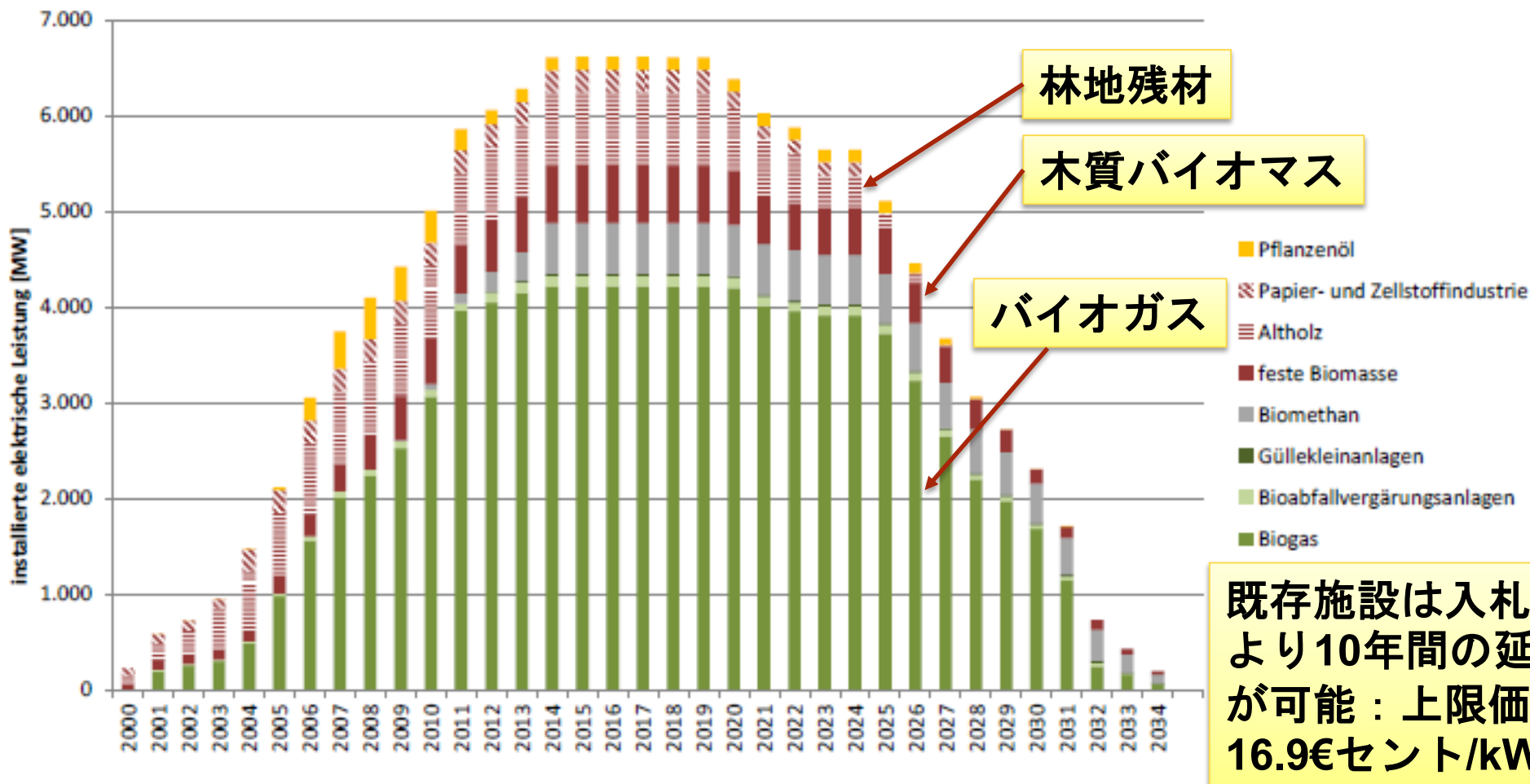
小規模

EEG2017

- ・ 入札制度 (150kWより大)
- ・ 入札枠150MW

ドイツのFIT制度(EEG)の課題

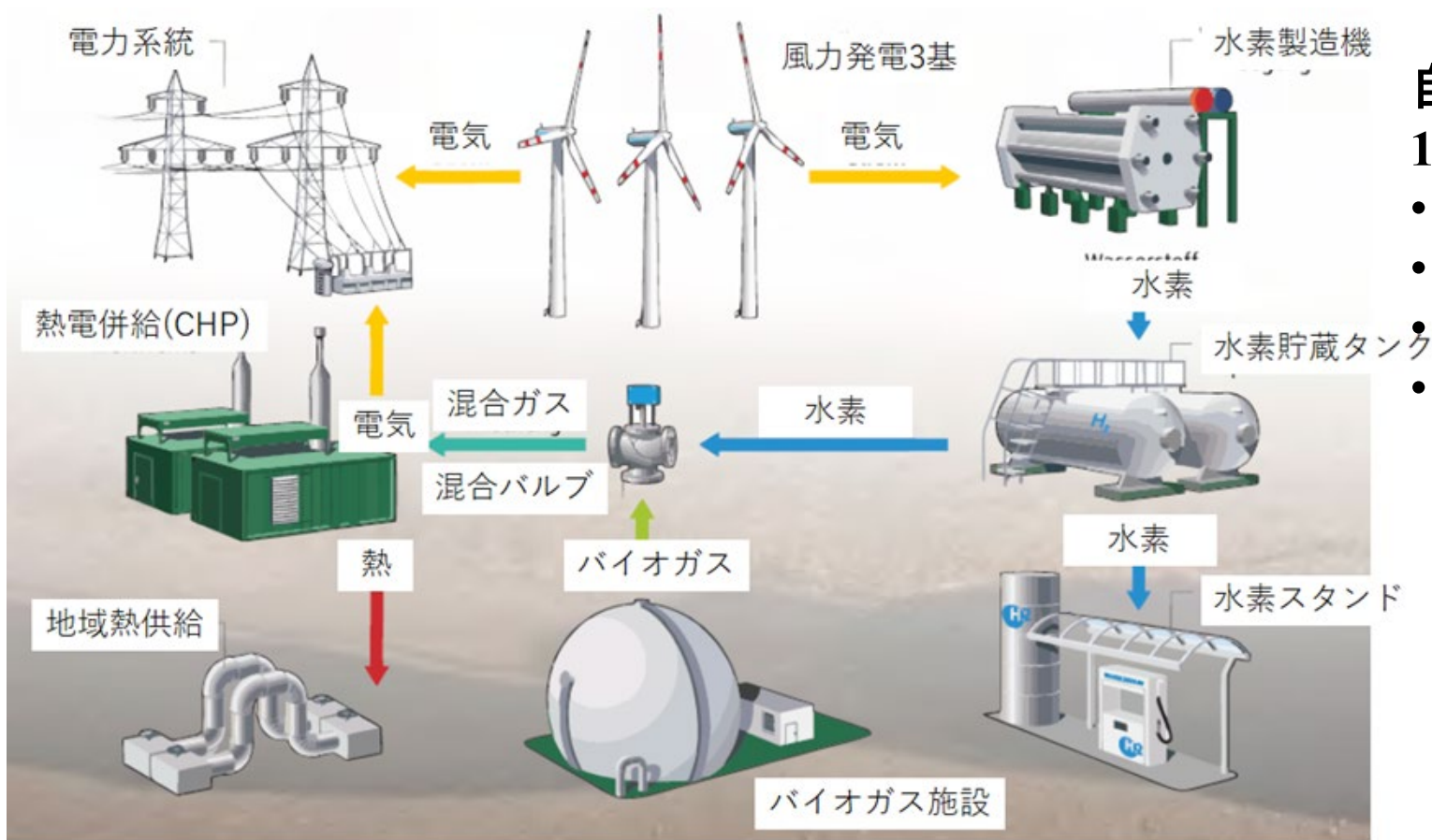
FIT終了後のバイオマス発電への優遇制度を取らない場合の推移



出典:DBFZ(2016) Development of a Tender designs for Biomass under the EEG 2017

Power to Gas(PtG)の実証プロジェクト:プレントラウ(Prenzlau)

2011年からEUが助成する実証試験プロジェクト(ENERTRAG社)として風力の余剰電力からの水素製造とバイオガスを組み合わせたハイブリッド発電システムが稼働



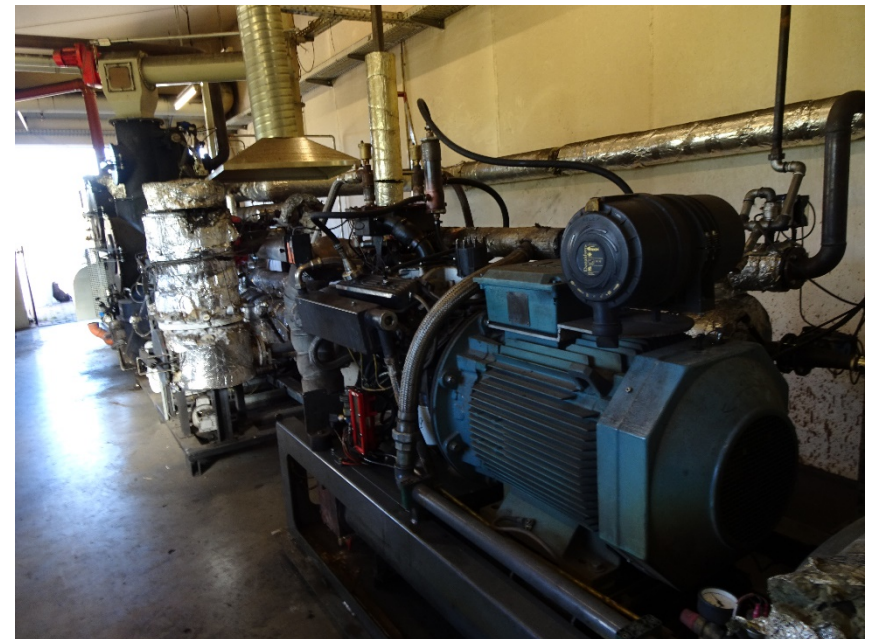
自然エネルギー
100%地域

- 風力
- 太陽光
- バイオガス
- 地熱

ハイブリッド発電システムのフロー(出所: ENERTRAG社資料に加筆)

視察：小規模バイオマスガス化発電(CHP)導入事例(Heubach村)

- ドイツの小型バイオマスガス化発電を導入したHeubach村の地域熱供給の協同組合の事例を視察(Spanner社のCEOの案内)
- 木質チップのETA社製ボイラー3台(合計900kW)は冬季のみ使用(燃料は廃パレット)で価格は5€/m³と安価。協同組合形態で、熱の販売単価は8セント€/kWh
- ガス化CHPはEEG法(FIT制度)による買取の対象で20セント€/kWhで売電
- Heubach村の地域熱供給(100ユーザ)は夏季の熱需要は100kW、冬季は800kW程度。熱導管は5.2kmで導入コストは60€/m(総費用は130万€)。蓄熱槽は60m³
- Spanner社の木質バイオマスガス化CHP(発電出力45kW、熱出力100kW)の燃料は木質チップ(G30)で25€/m³で調達



家具残材を燃料にORCによる熱電併給(CHP)設備視察(9/25) Detmold StadwerkeとSenne Energie社の共同事業

場所: Horn-Bad Meinberg, NRW州

運転開始: 2018年6月(2018年3月から試運転)

燃料使用量: 年間4万トン(州内の家具工場からの残材を調達)

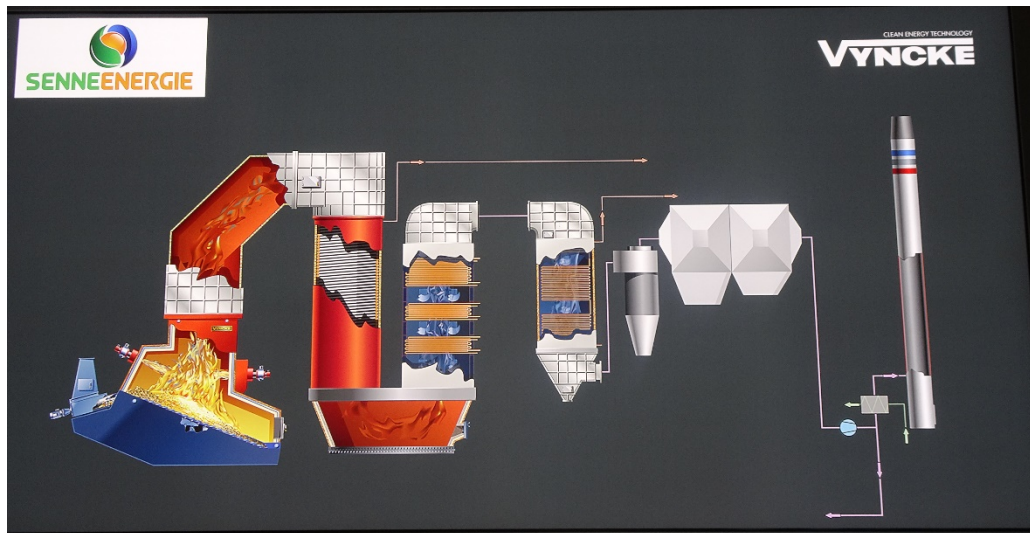
ボイラー設備: 出力24MW(VYNCKE社製、階段式ストーカー炉)

発電設備: ターボデン社製ORC: 2.8MW(300°Cサーマルオイル)

GMK社製ORC: 0.4MW(110°C温水)

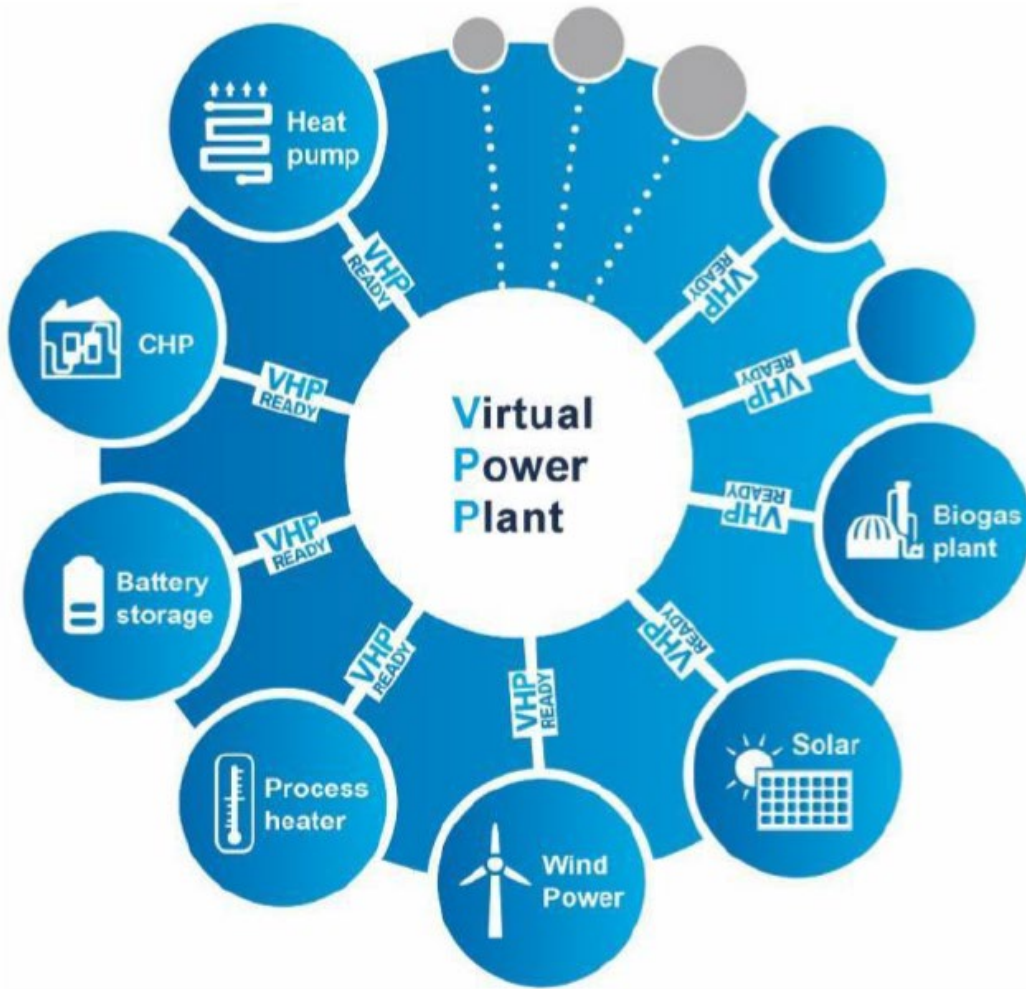
売電: 年間25GWh(VPPのNEXT社と直接契約)

熱供給: Stadwerke Detmold地域熱供給(最大16MW)年間100GWh

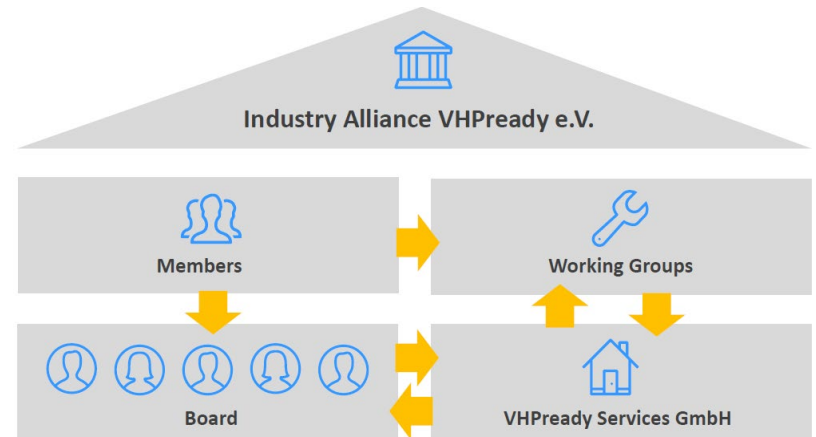


VHPready: Virtual Heat & Power 分散型エネルギーネットワークオープン標準化アライアンス

<https://www.vhpready.com/>



- WG1: 普及活動
- WG2: 認証および審査
- WG3: 国際市場および標準化

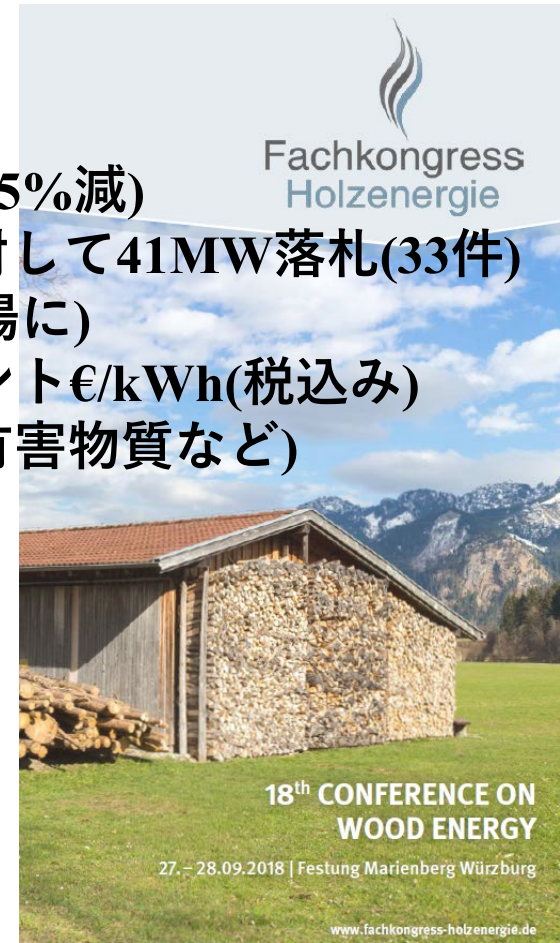


18th Conference on Wood Energy(開催地:ビュルツブルク) 2018年9月27日～28日

主催：ドイツバイオエネルギー協会(BBE)、BBE木質バイオマス部会(FVH)

• パネル4A：バイオエネルギーと電力市場

- 再エネ電力の25%,再エネ熱の86%バイオマス
- EEG2017: 150kW未満は13.32€セント/kWh(半年毎に0.5%減)
- 2017年9月の入札結果(150kW以上): 募集枠122MWに対して41MW落札(33件)
- 発電量の80%がEEGの対象(残りは自家消費や調整市場に)
- 電気料金23.4セント€/kWhに対して売電料金が19.4セント€/kWh(税込み)
- 廃棄物に関する法令の課題(廃棄物の種類、灰処理、有害物質など)

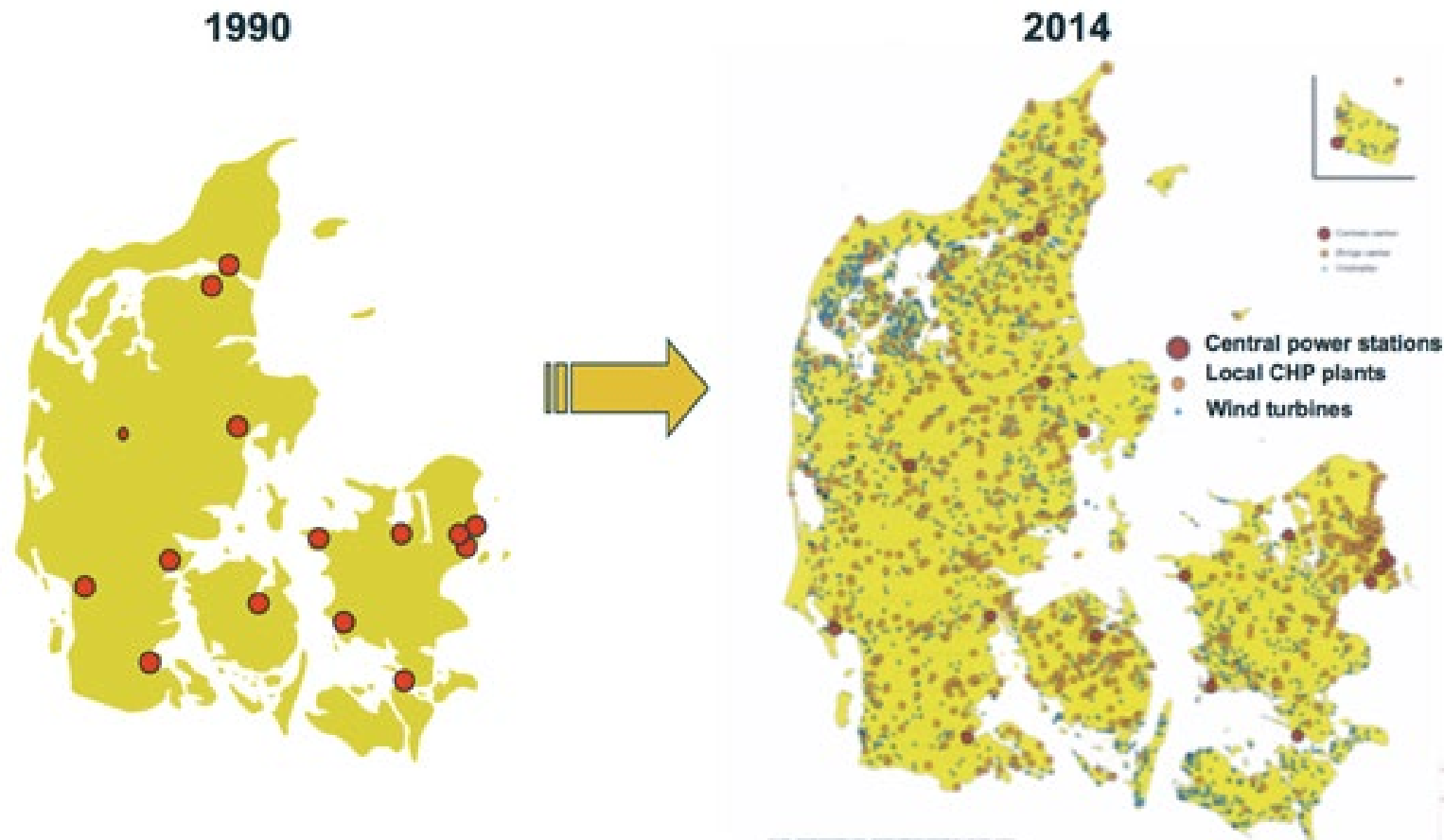


ドイツの木質バイオマスエネルギーの状況

- ドイツのバイオマスエネルギーは電力市場(再エネ電力の25%)よりも、熱市場で主力となっている(再エネ熱の86%)
- ドイツ国内の森林(公有林)から持続可能なバイオマスとして木質チップや薪のサプライチェーンが確立している(バイエルン州)。
- ドイツのFIT制度(EEG)では大規模設備から認定の対象外あるいは入札制度へ移行(既存設備の期間延長を対策を含む)
- バイオマス燃料(ペレット、チップ)の基準が明確になっており、それぞれサプライチェーンおよび市場が形成されている。
- 地域の公共事業として地域熱供給などのインフラを生かした熱供給が地域毎に行われており、中小規模(数十kW～数MW)のバイオマスCHP設備が導入され一定の役割を果たしている。
- バイオマス発電の特徴を生かした調整力市場(VPPなど)での活用が始まっている。
- 廃棄物処理(資源循環)としてのバイオマスエネルギー利用が見直されている。

自然エネルギー100%を目指すデンマーク

- 1990年代以降、環境を重視したエネルギー政策へ転換し、デカップリングに成功
- 2035年までには発電と熱利用は自然エネルギー100%に移行し、2050年までに化石燃料を使わない社会を目指す(Energy Strategy 2050, 2011年)。



出所： Energinet.dk

デンマーク: 100%自然エネルギーシナリオ(CEESA)

電力・熱・運輸の各セクターの統合(セクターカップリング)が必要

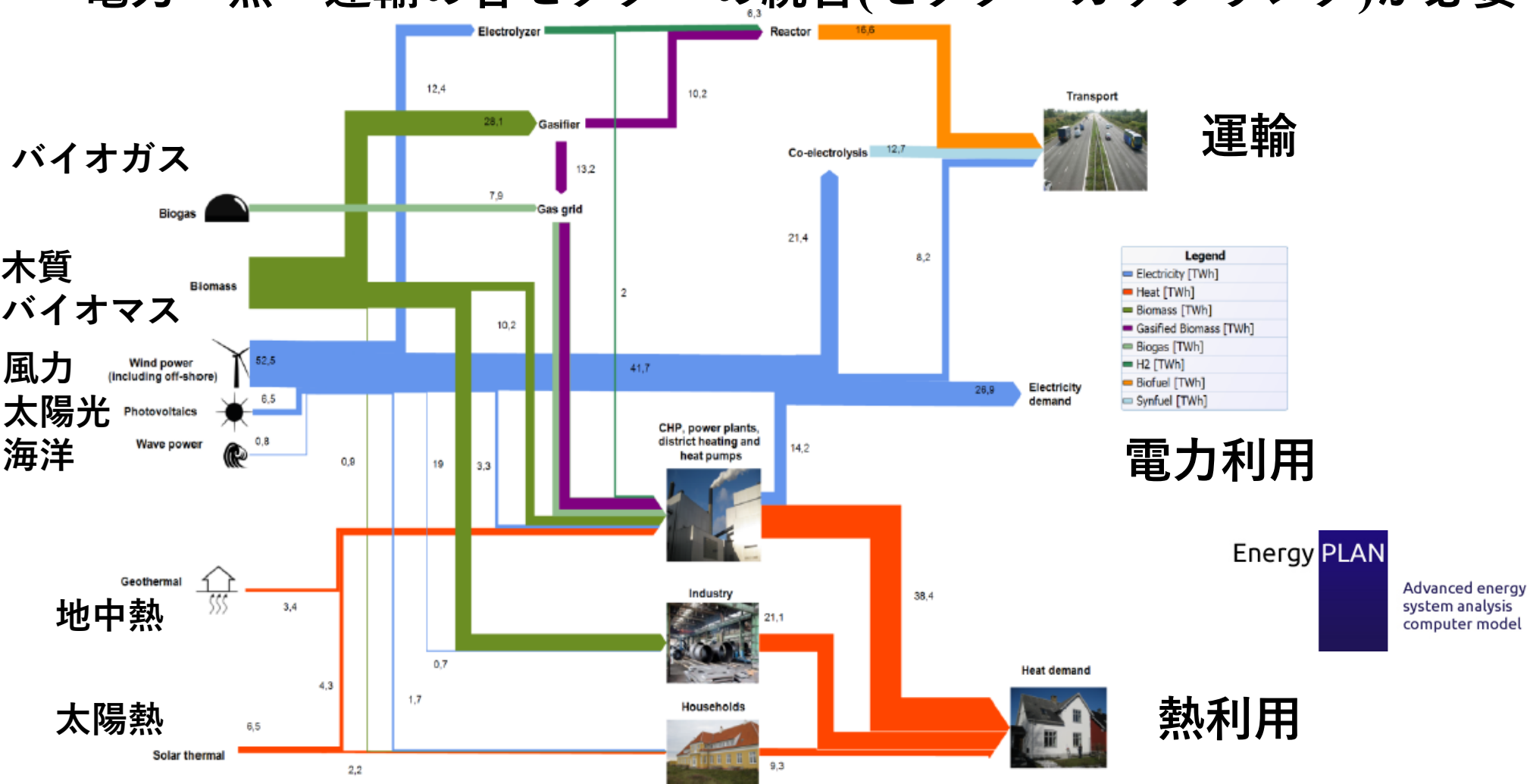
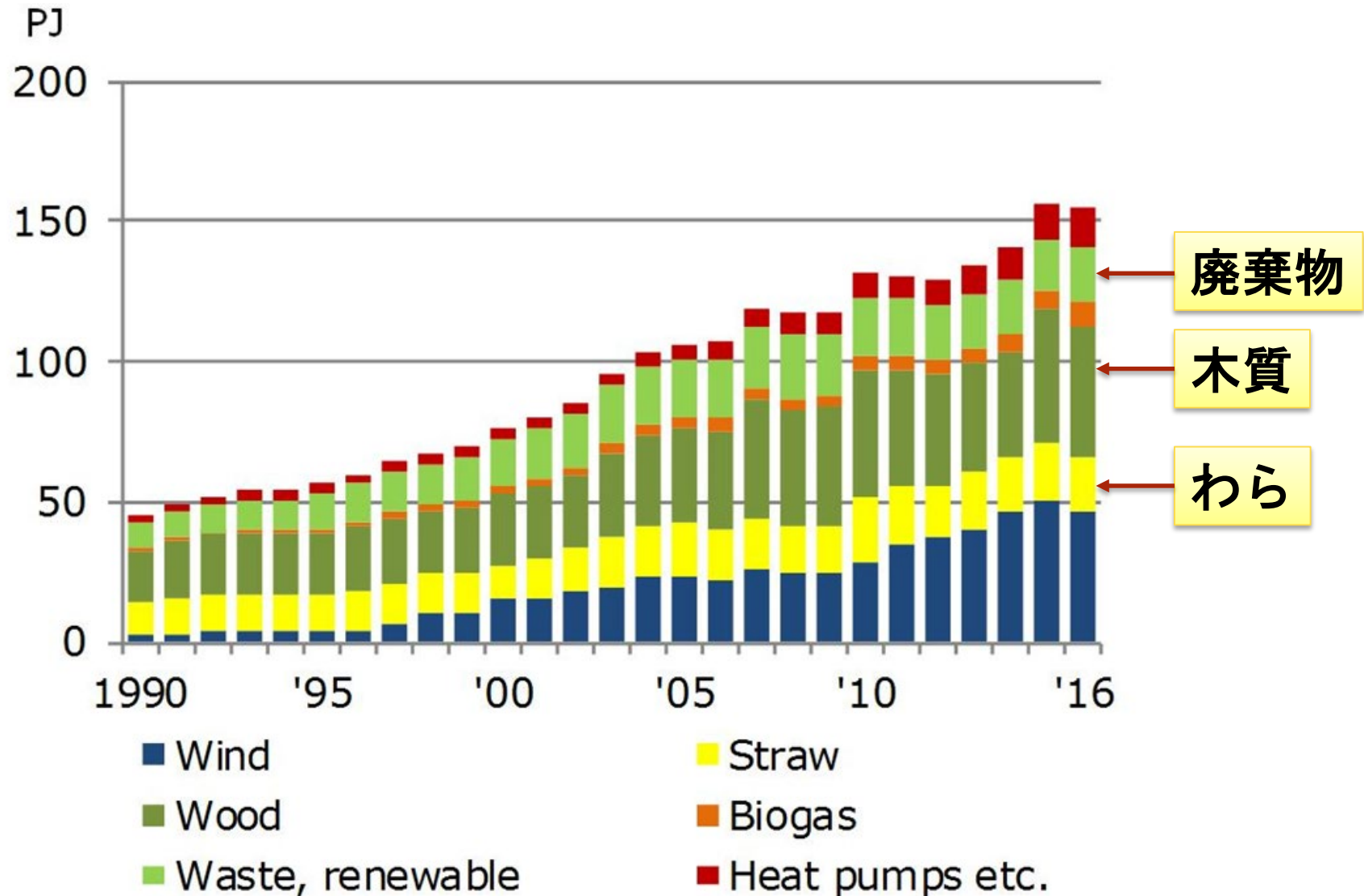


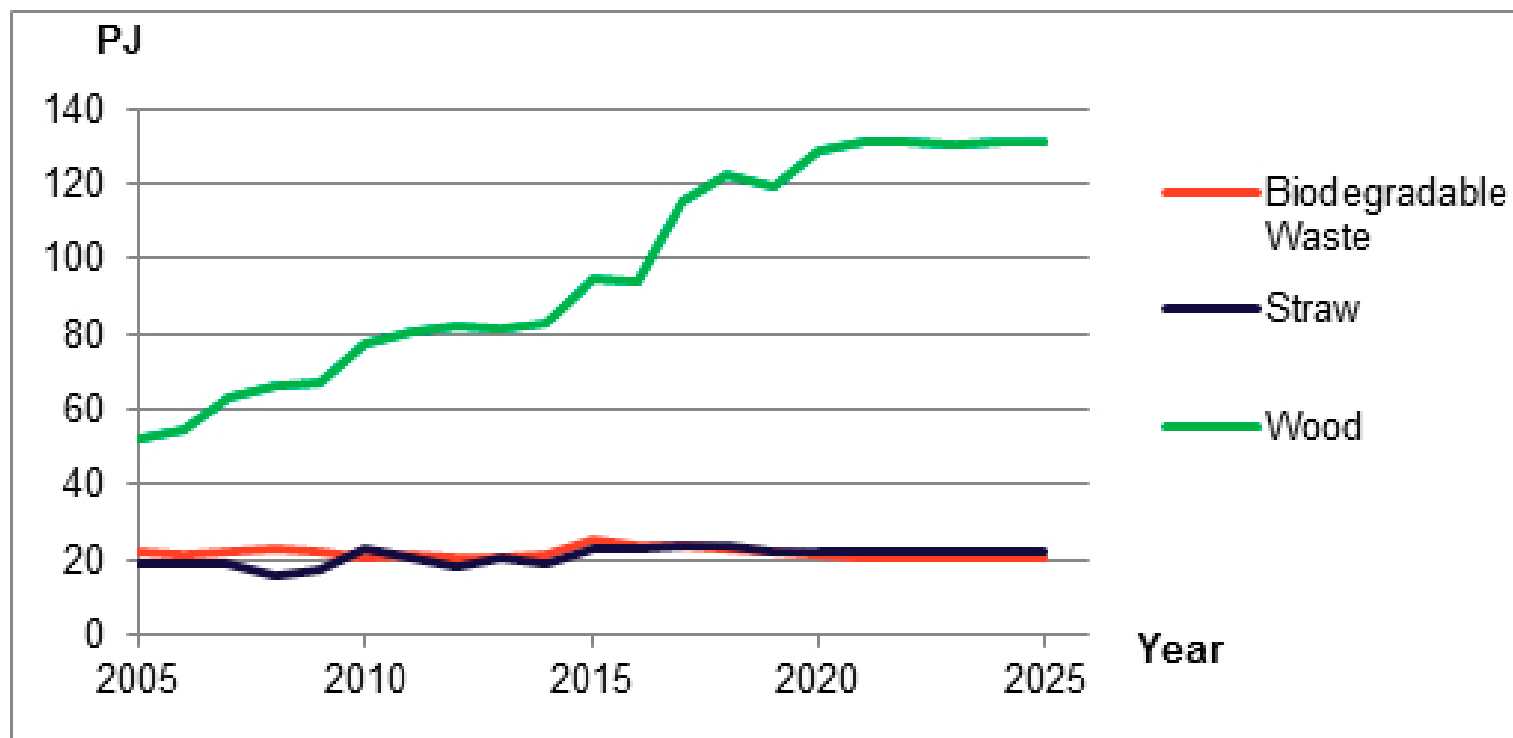
Figure 3.13, Sankey diagram of the CEESA 2050 100% renewable energy scenario.

デンマークの再生可能エネルギー供給量



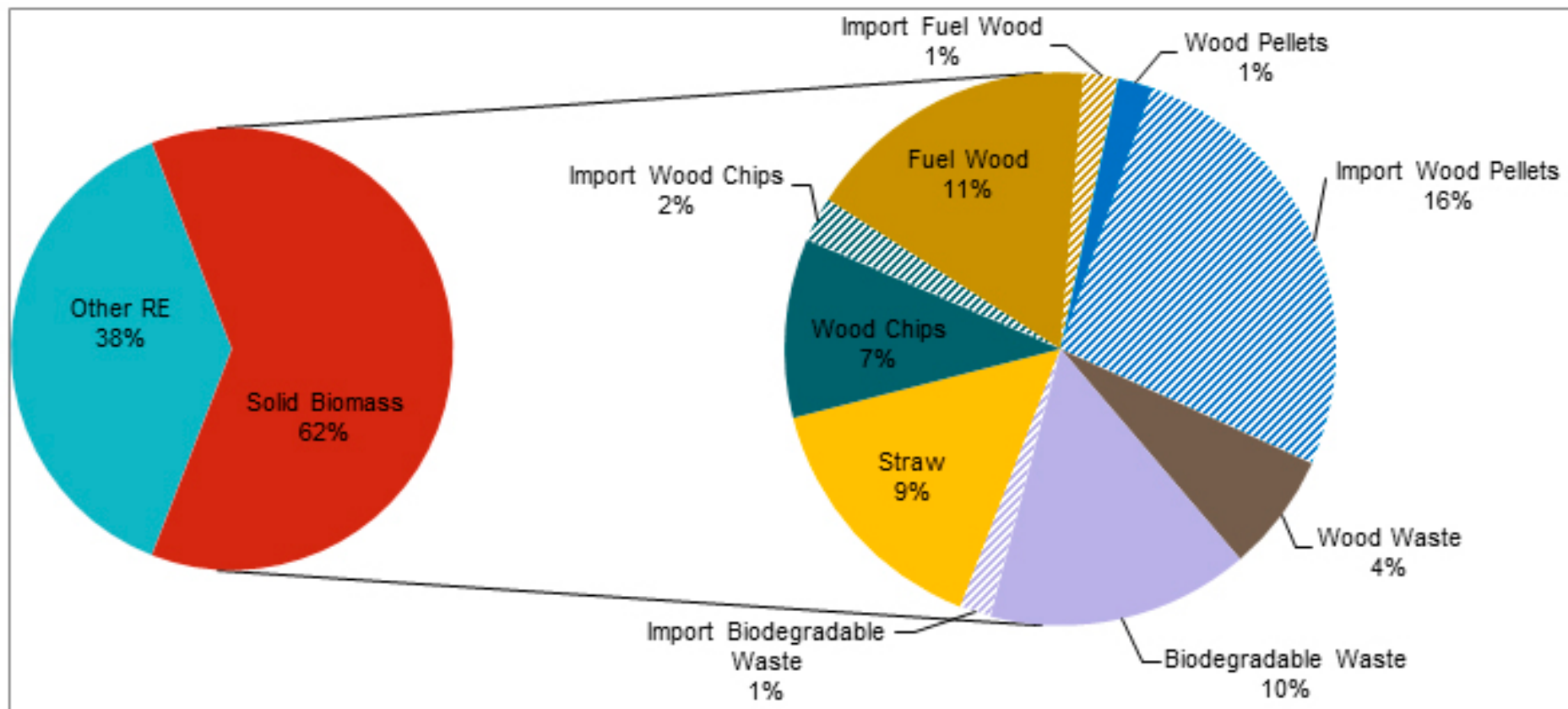
デンマークのバイオマスエネルギー政策

- 環境税と共にFIT, FIPおよび免税措置により導入をサポート
- バイオマスエネルギーの利用形態としてはCHP(熱電併給)、バイオガス、ガス化、バイオ燃料などが中心
- 1980年から1990年代は廃棄物や麦わらが中心だったが、2000年代からは輸入ペレット(バルト三国等)やチップが大幅に増加



デンマークのバイオマス燃料の構成(2015年)

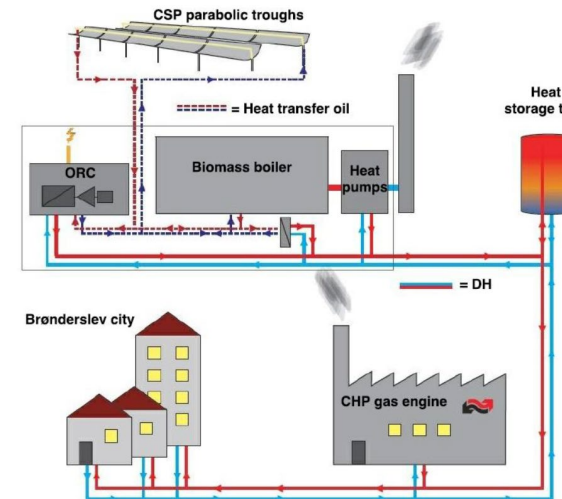
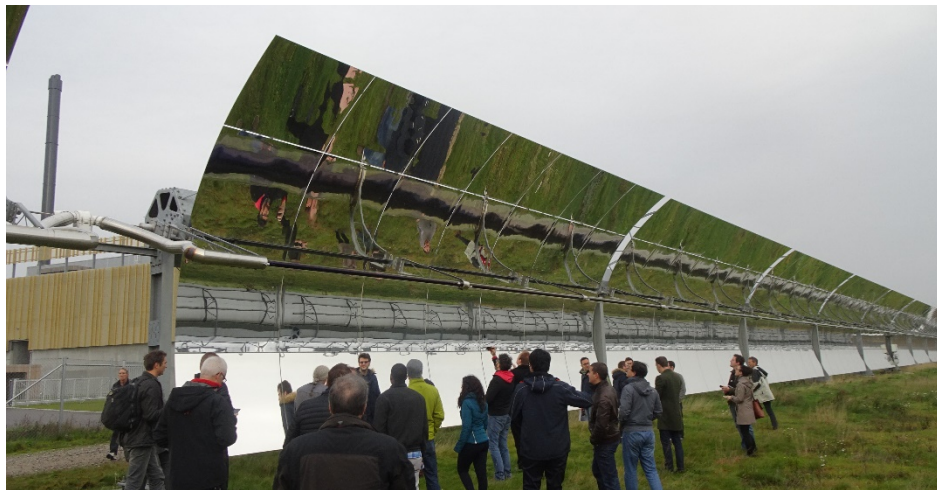
固体バイオマス(木質チップ等21%, ペレット17%, 廃棄物15%, わら9%)
がバイオマス燃料の約6割を占める。



出典: Danish Energy Agency, *Energy statistics 2015*

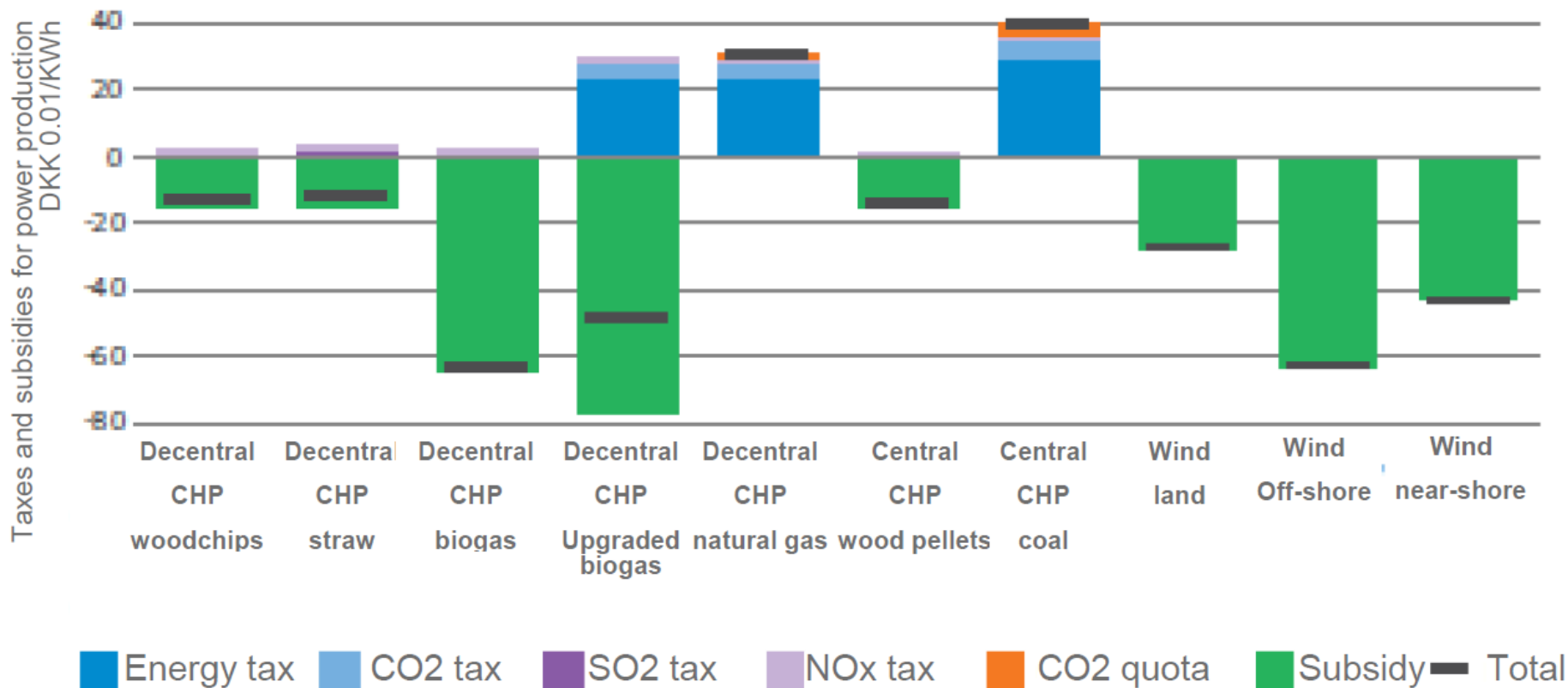
木質バイオマスCHPの最新事例(デンマーク) デンマーク北部Brønderslev町でのスマート地域熱供給

- 国産木質チップ(年間43000トン)と太陽熱によるORC CHP(発電4MW、熱15MW)
- 冬季は木質バイオマスボイラー(10MW×2基)+ 潜熱回収HP(6MW)=26MW
- 夏季は太陽熱CSP(熱出力17MW)によるORC稼働(年間15%程度)
- 設備投資額は45百万ユーロ(補助金は3百万ユーロで残額は2%の低利融資)



デンマークの再生可能エネルギーへの支援

- 化石燃料(石炭、天然ガス)のCHPにはエネルギー・環境税
- 再生可能エネルギー(バイオマスCHP、風力発電など)には助成
- 特にバイオガスと洋上風力に高い助成(木質バイオマスは低め)



Source: Danish Energy Agency

欧州に学ぶバイオマスエネルギーの制度設計 まとめ

- 欧州の再生可能エネルギー導入目標(2020年)に対してバイオマスは重要な位置を占めているが、特に熱分野で重要。
- 再生可能エネルギー熱の中では固体(木質)バイオマスが大きな割合(約8割)を占め、北欧やバルト三国での普及率が高い
- 欧州では木質バイオマス発電の主力はCHP(熱電併給)だが、発電量に対する2020年の目標達成は厳しい状況
- 石炭火力発電からバイオマス(木質ペレットなど)への転換を進める国(英国など)ではバイオマスの持続可能性が重要
- ドイツのバイオマス発電に対するFIT制度(EEG法)ではバイオガスや小規模へのボーナス等が行われてきたが、2014年に規模別、2017年より150kW以上が入札になり、FIT終了後の継続が課題。
- ドイツでは廃棄物利用の見直し、熱利用の推進、調整力としての利用などが始まっている。
- デンマークでは2050年までの再生可能エネルギー100%を目標に熱利用重視の分散型のスマートエネルギーシステムへの転換が進む