欧州の第4世代地域熱供給とバイオマスエネルギー熱利用

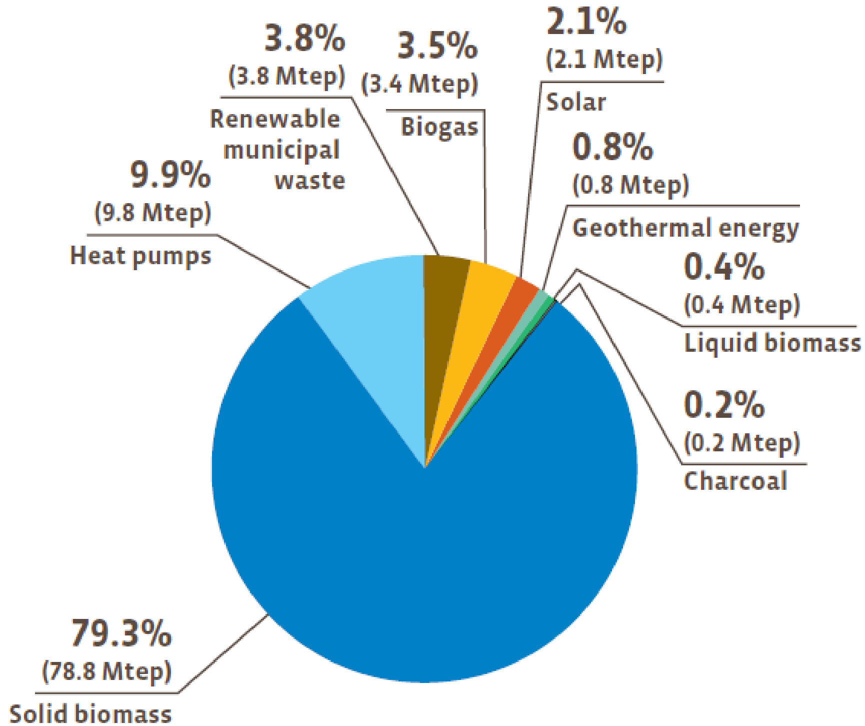
認定NPO法人　環境エネルギー政策研究所

松原弘直

2019年2月27日

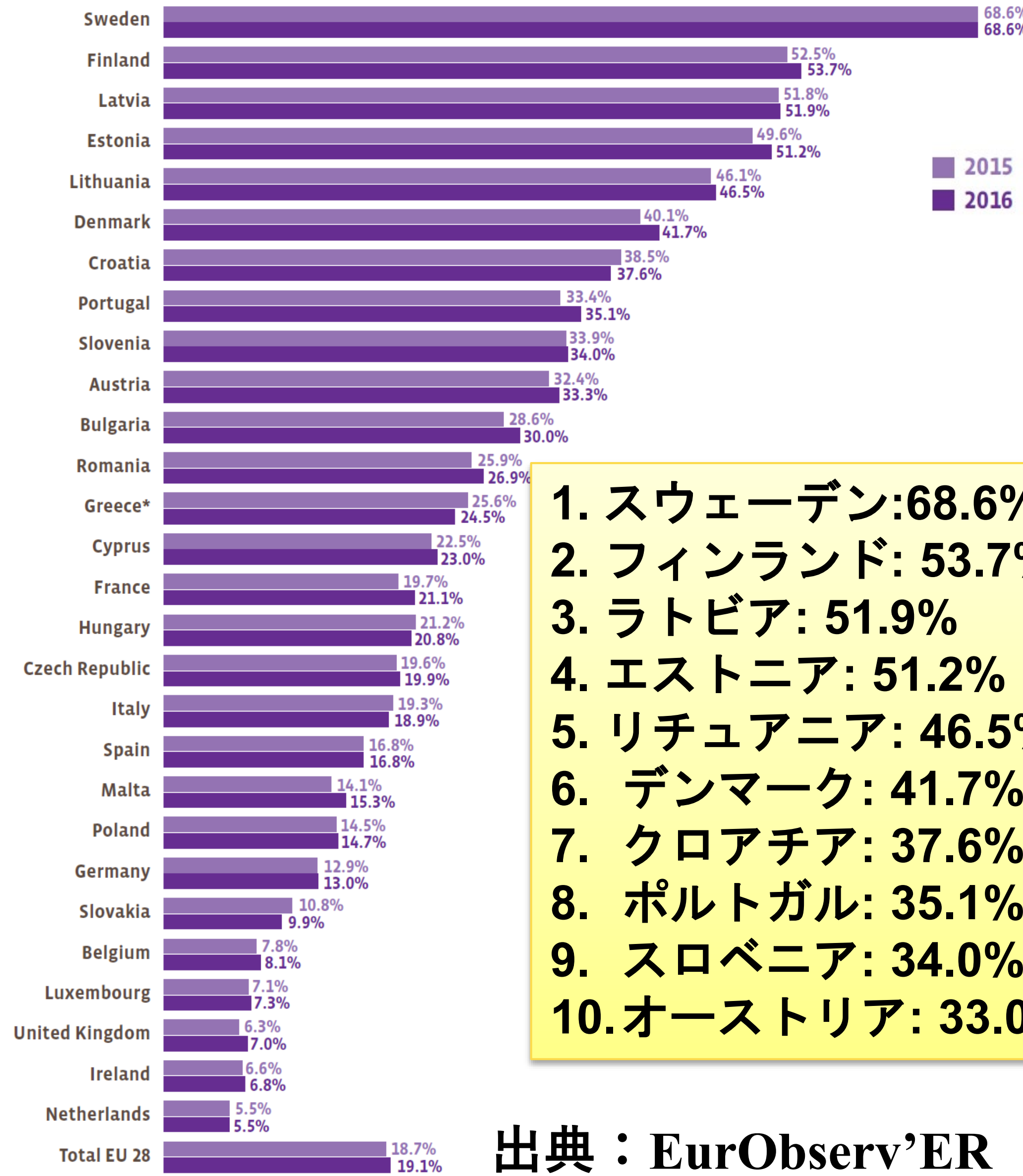
環境エネルギー政策研究所
東京都新宿区四谷三栄町16-16
Tel 03-3355-2200 Fax 03-3355-2205
http://www.isep.or.jp/

欧州(EU28カ国)の自然エネルギー熱の普及率(2016年)



2016: total 99.3 Mtep

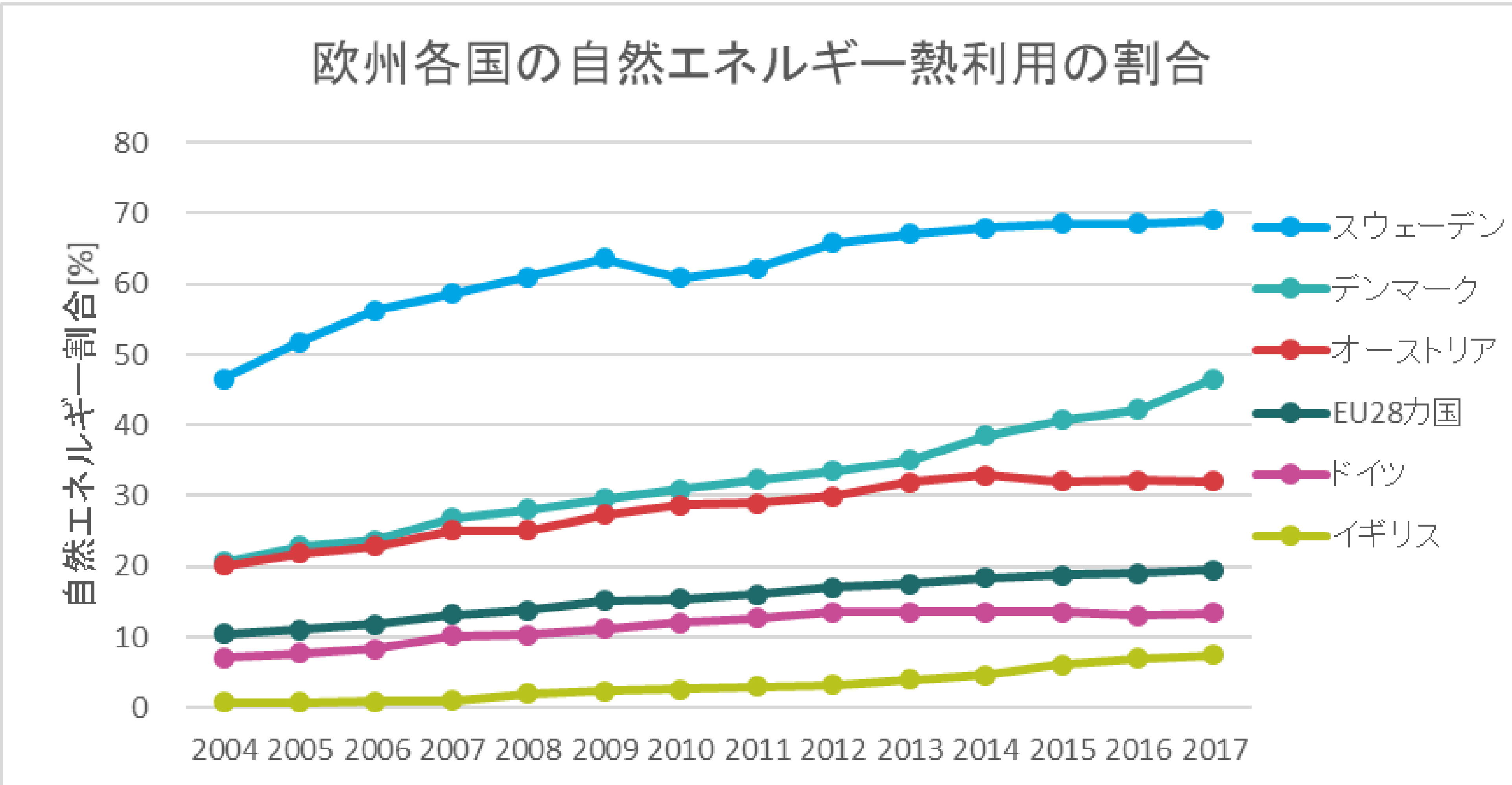
- 固体バイオマス: 79.3%
- ヒートポンプ: 9.9%
- 廃棄物: 3.8%
- バイオガス: 3.5%
- 太陽熱: 2.1%
- 地熱: 0.8%



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

欧州各国の自然エネルギー熱利用の割合の推移



出典：Eurostatデータより作成

欧州各国の自然エネルギー導入目標の達成国(2017年)

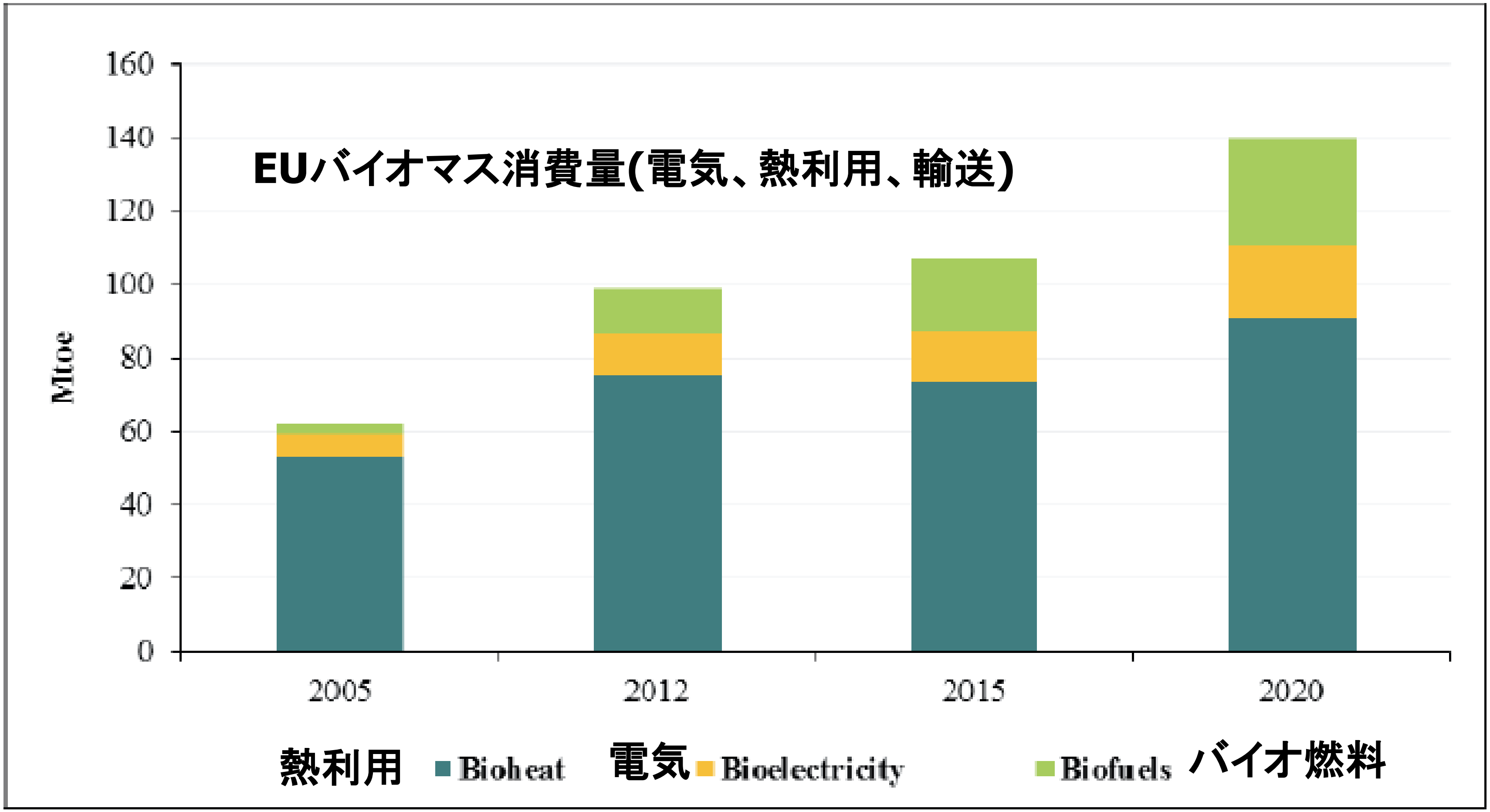
電力部門だけではなく、熱部門でも自然エネルギーの割合が高い

目標達成国	2020年目標	2017年実績	電力	熱	交通
スウェーデン	49%	54.5%	65.9%	69.1%	38.6%
フィンランド	38%	41.0%	35.2%	54.8%	18.8%
デンマーク	30%	35.8%	60.4%	46.5%	6.8%
エストニア	25%	29.2%	17.0%	51.6%	0.4%
クロアチア	20%	27.3%	46.4%	36.5%	1.2%
リトアニア	23%	25.8%	18.3%	46.5%	3.7%
ルーマニア	24%	24.5%	41.6%	26.6%	6.6%
ブルガリア	16%	18.7%	19.1%	29.9%	7.2%
イタリア	17%	18.3%	34.1%	20.1%	6.5%
チェコ	13%	14.8%	13.7%	19.7%	6.6%
ハンガリー	13%	13.3%	7.5%	19.6%	6.8%
EU28カ国	20%	17.5%	30.7%	19.5%	7.6%

出典：Eurostatデータより作成

欧州(EU)でのバイオマスエネルギー消費量の推移

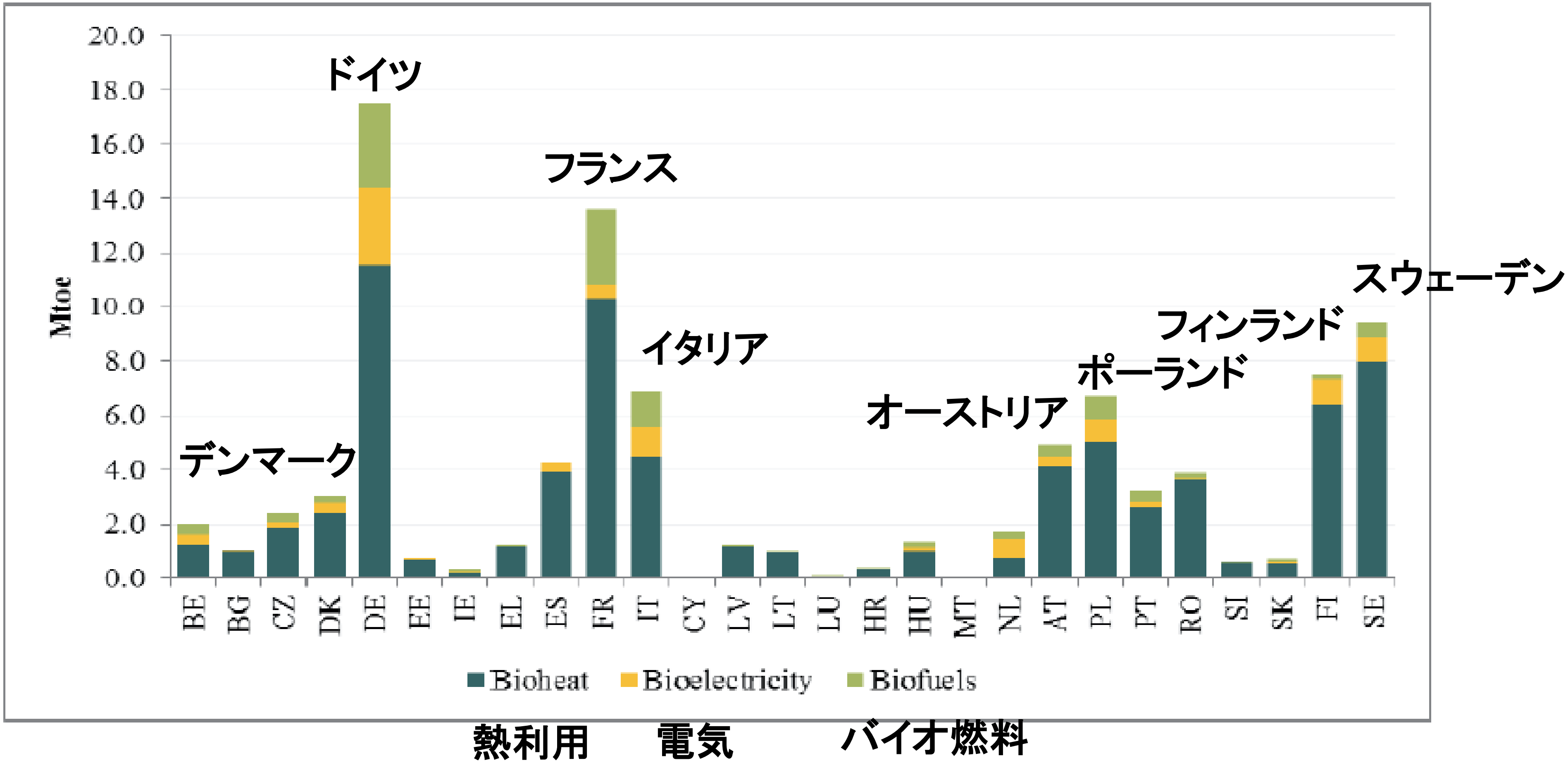
2020年再生可能エネルギー20%の目標達成に向けて消費量が増加



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

EUの国別のバイオマスエネルギー消費量

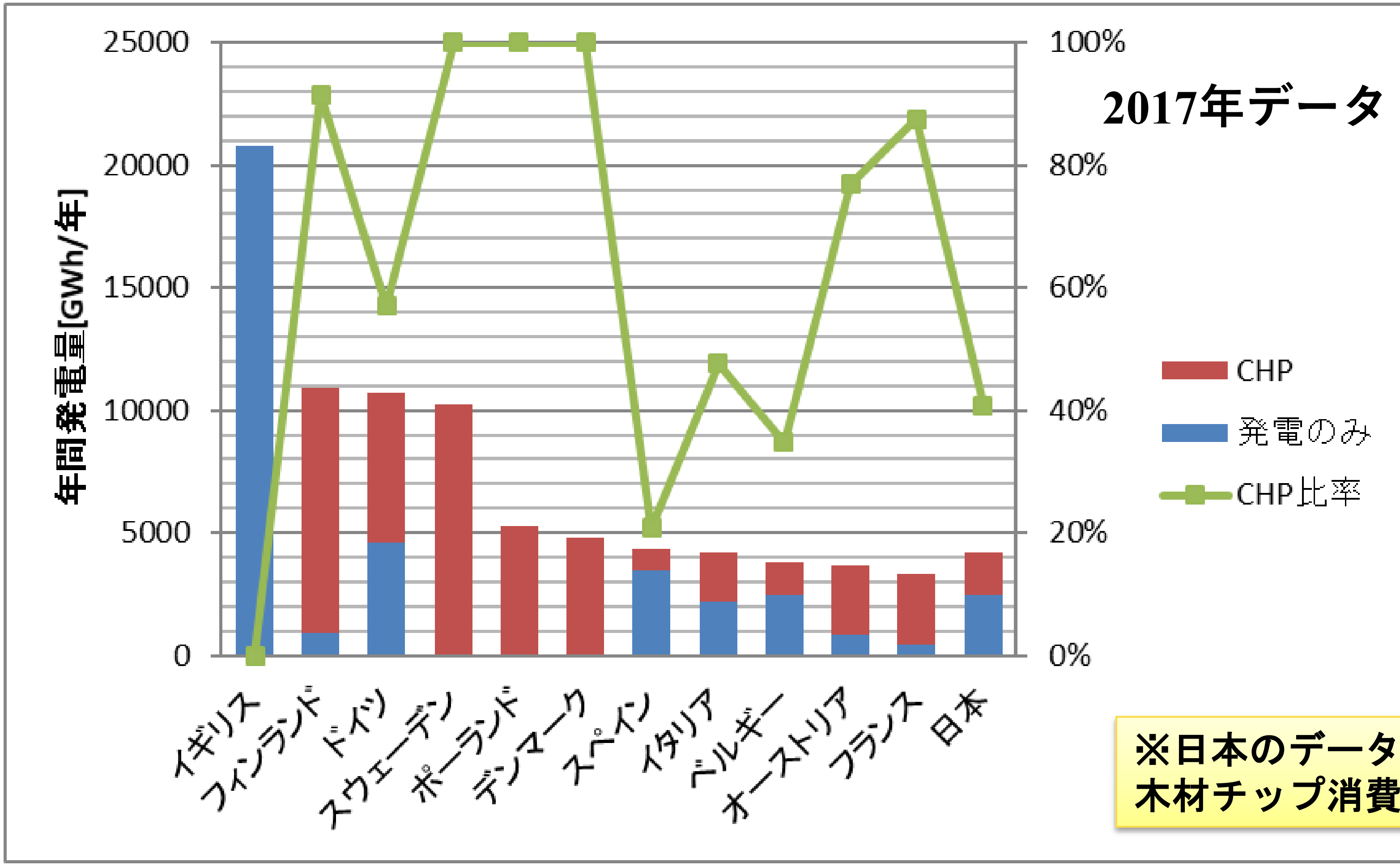
国別では、ドイツ、スウェーデン、フィンランド、イタリア、ポーランド、オーストリアなどがバイオマスエネルギーの消費量が大きいが、いずれも熱利用が主体。



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

EUの国別の木質バイオマス発電の年間発電量(2017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58%がCHPによる発電

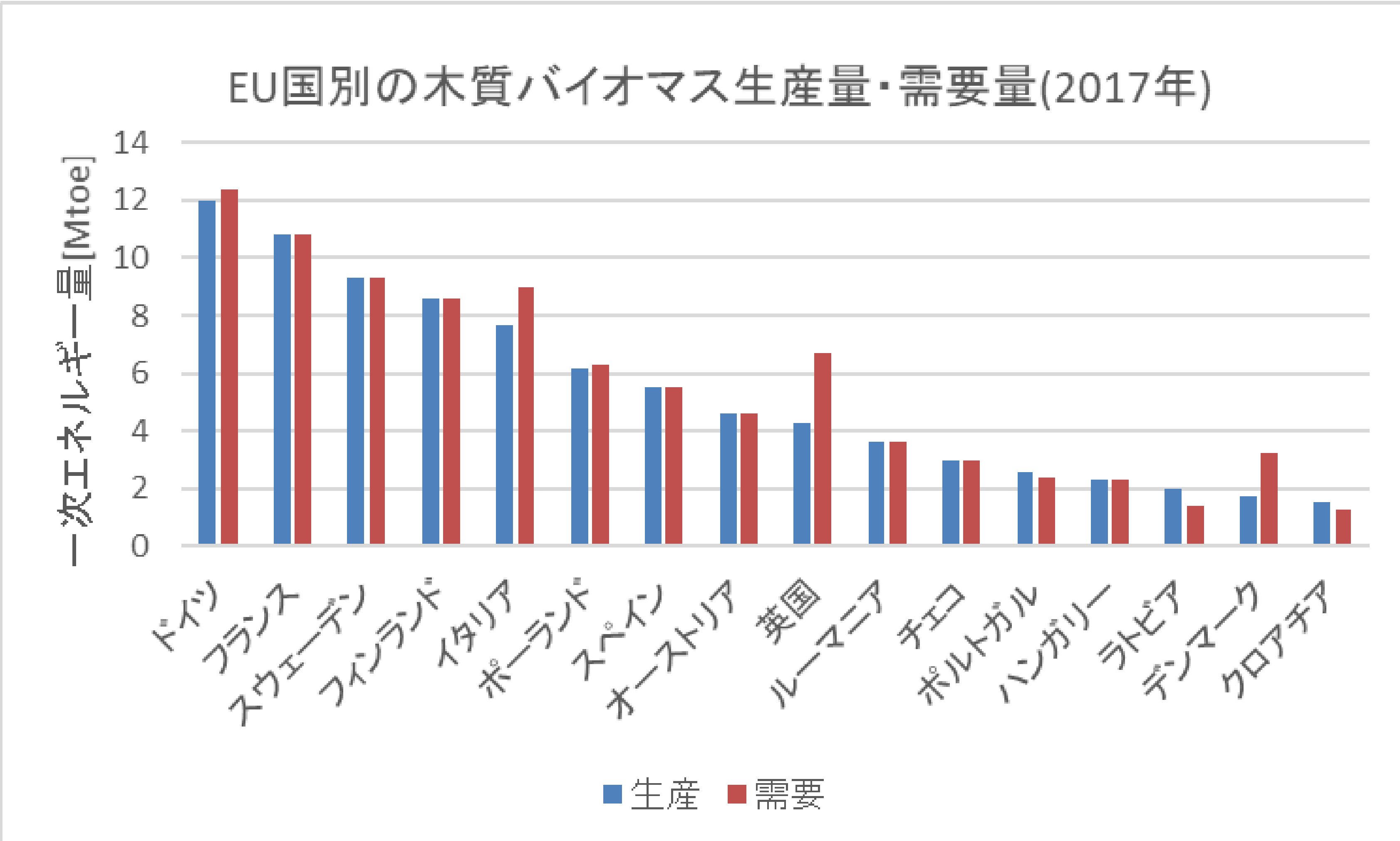


※日本のデータは、平成29年の木材チップ消費量より推計

出典：EurObserv'ERデータ等より作成

EUの国別の木質バイオマス燃料の生産量･需要量(2017年)

需要が生産量を上回るのは、イタリア、英国、デンマーク等



出典：EurObserv'ERデータ等より作成

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

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2018年には約35%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。

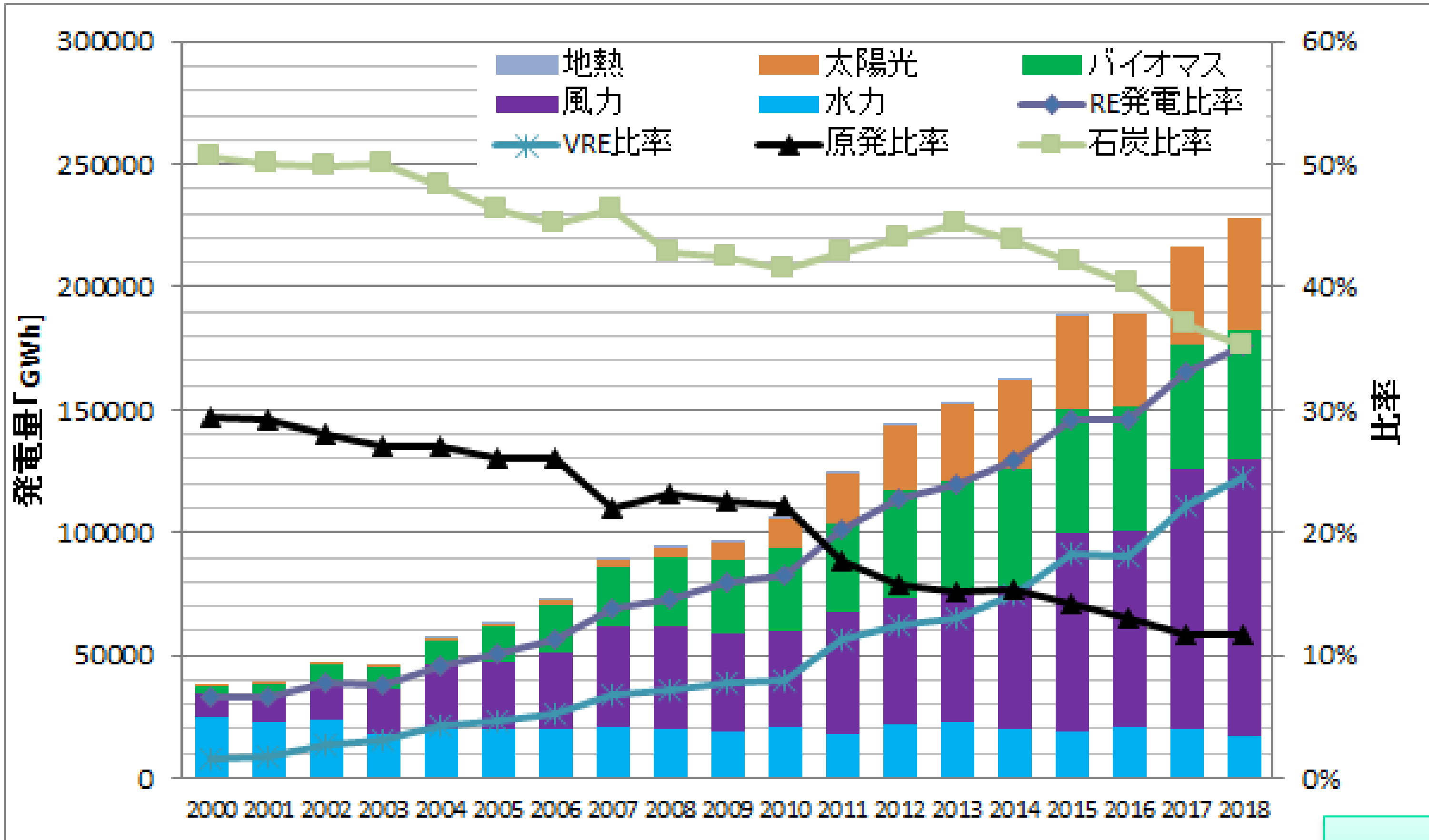


図:ドイツの再生可能エネルギー発電量

目標値

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

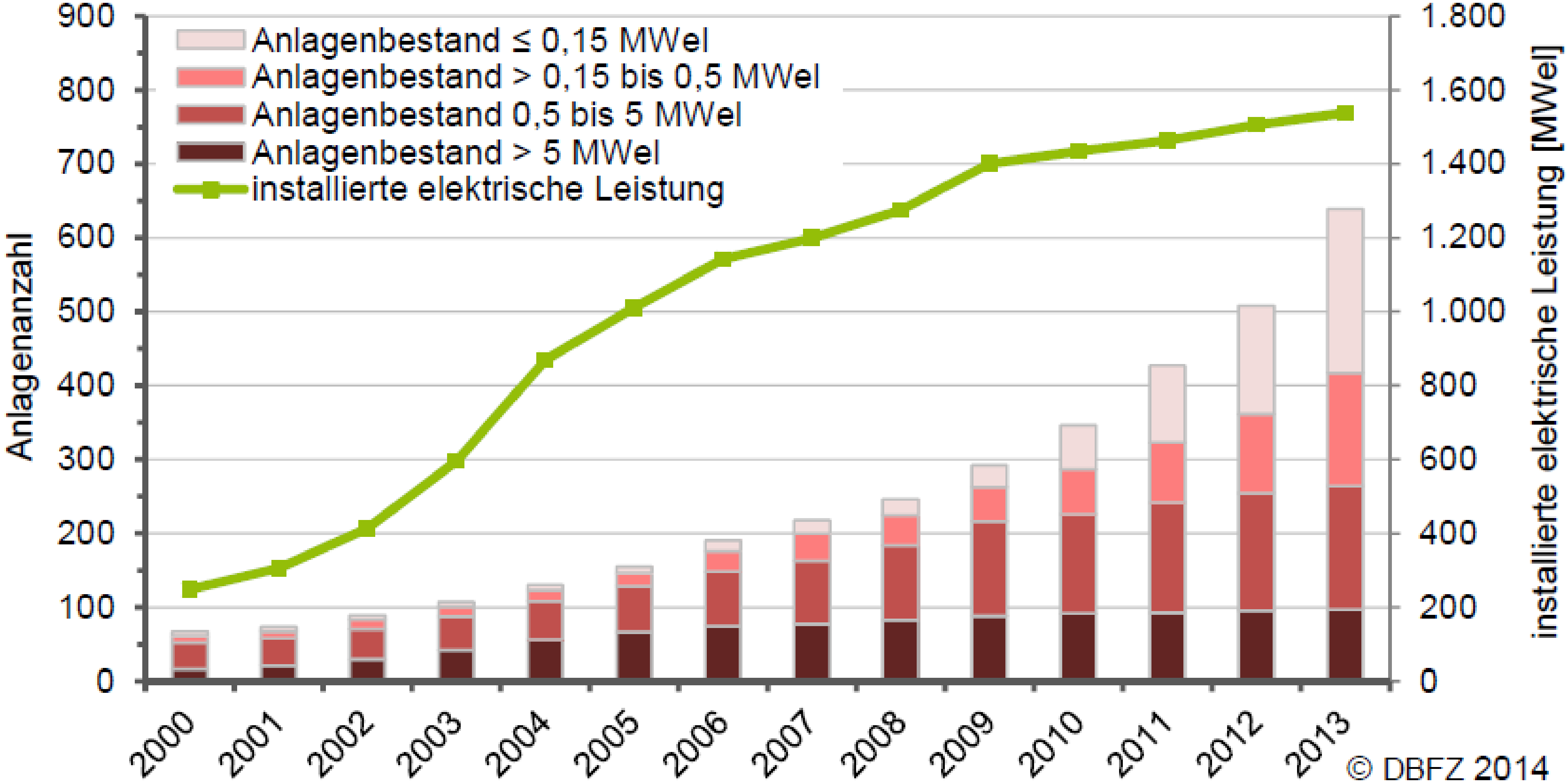
EEG法(FIT)

Energiewende

エネルギー転換

ドイツのバイオマス発電の推移

- 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



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.

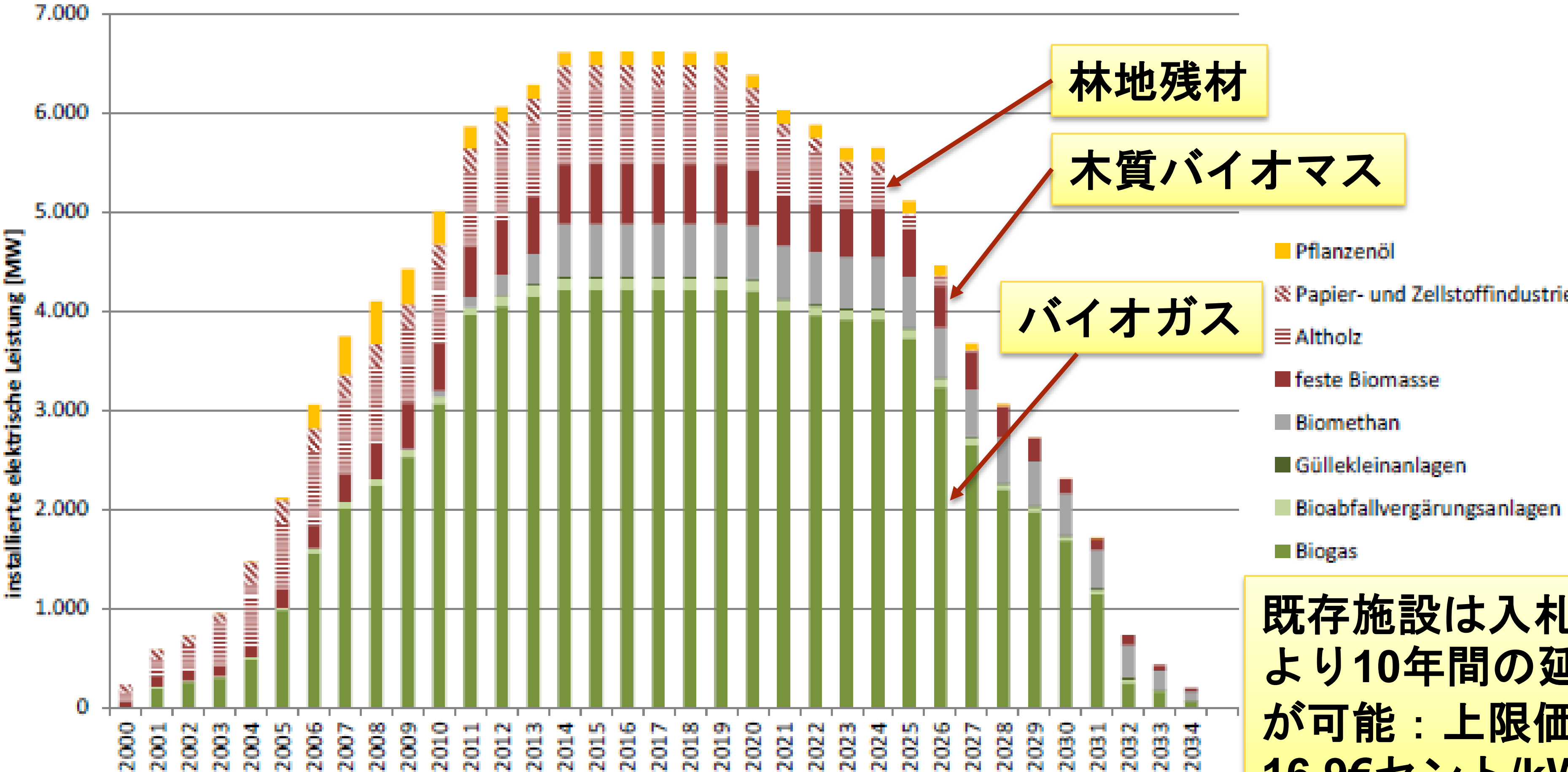
廃棄物

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



既存施設は入札により10年間の延長が可能：上限価格16.9€セント/kWh

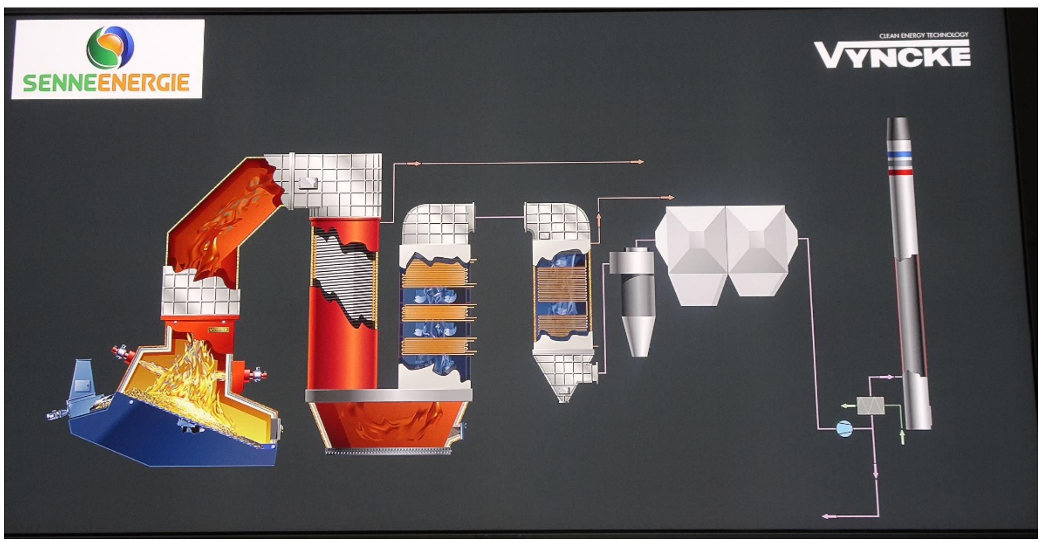
出典:DBFZ(2016) Development of a Tender designs for Biomass under the EEG 2017

ドイツの事例(1):
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

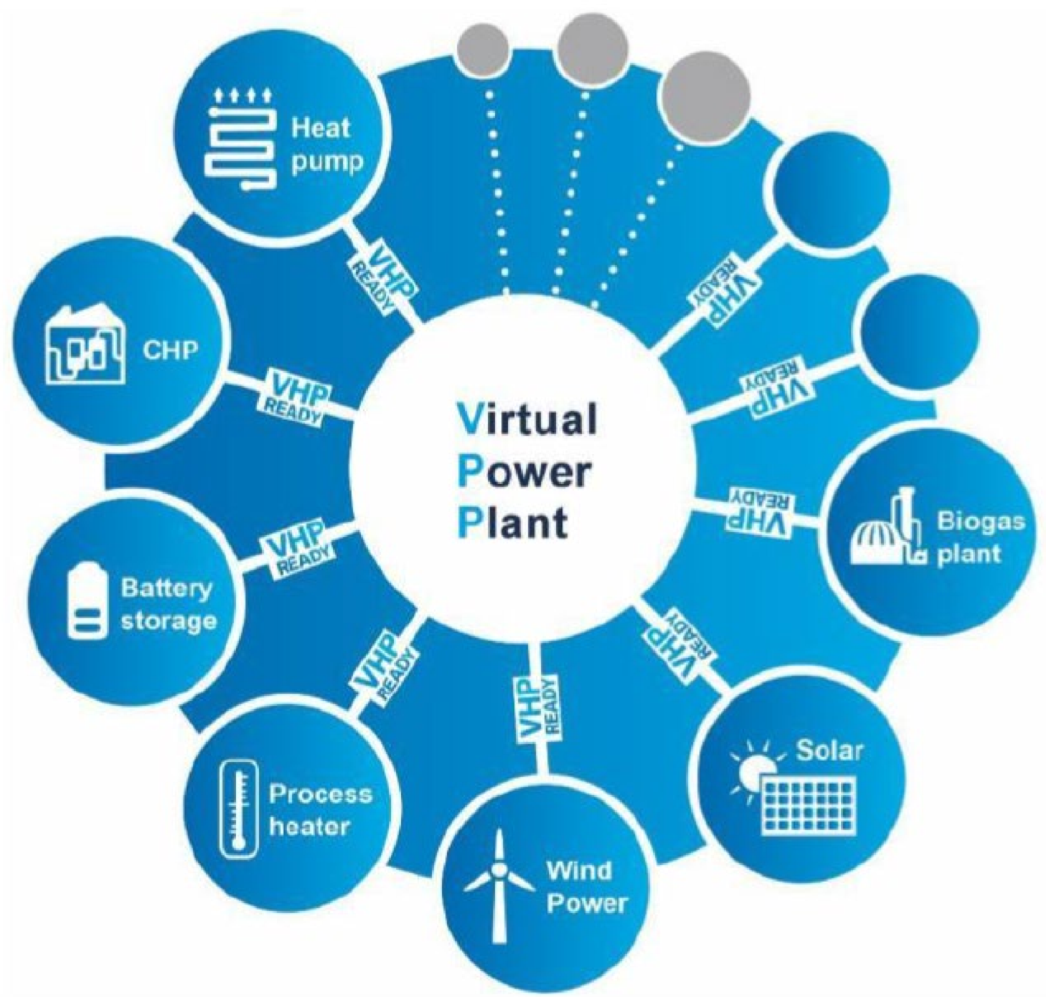
ドイツの事例(2):家具残材を燃料にしたORC熱電併給(CHP) Detmold StatdwerkeとSenne Energie社の共同事業

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(VYNCLE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℃サーマルオイル)
GMK社製ORC：0.4MW(110℃温水)
売電: 年間25GWh(VPPのNEXT社と直接契約)
熱供給：Statdwerke Detmold地域熱供給(最大16MW)年間100GWh

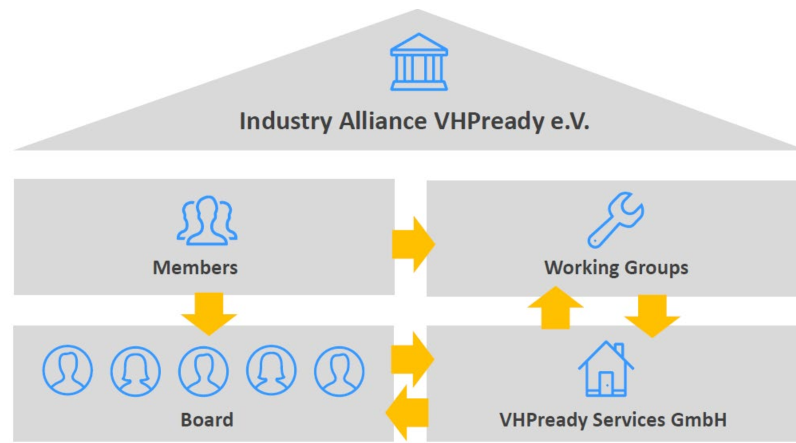


VHPready: Virtual Heat & Power
分散型エネルギーネットワークオープン標準化アライアンス

https://www.vhpready.com/

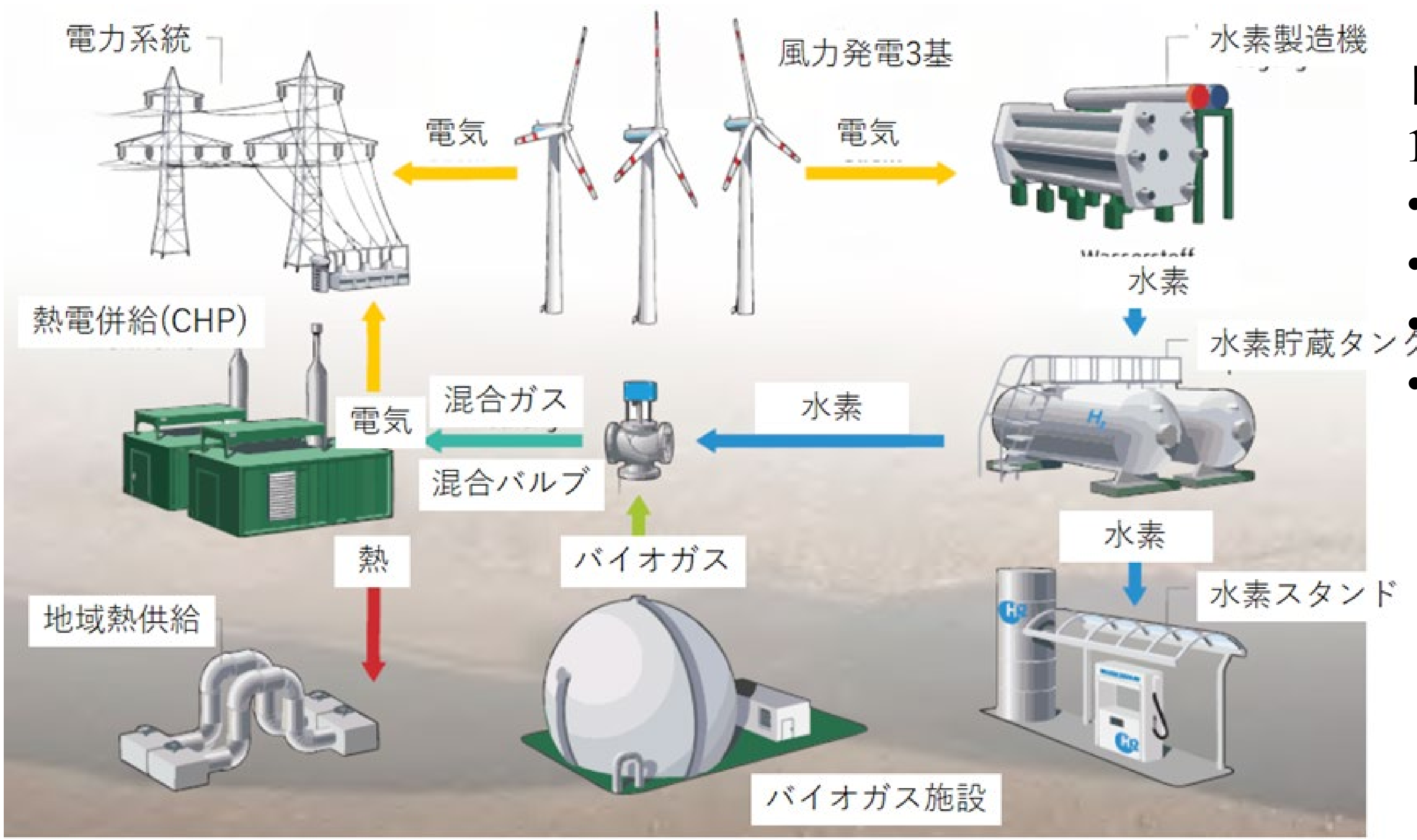


WG1: 普及活動
WG2: 認証および審査
WG3: 国際市場および標準化



ドイツの事例(3):
Power to Gas(PtG)の実証プロジェクト:プレンツラウ(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

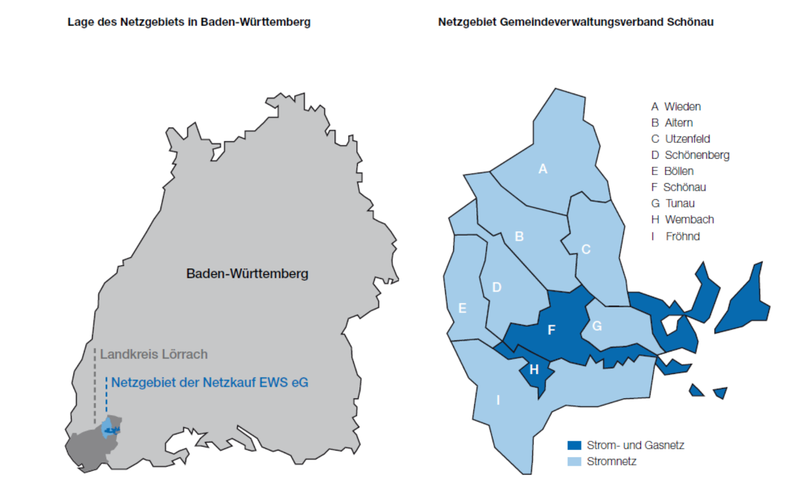
ハイブリッド発電システムのフロー(出所：ENERTRAG社資料に加筆)

ドイツの事例(4)：Bad Neustadt町での地域ガス会社(Rhoengas)による地域熱供給事業

- **Heimat郡(人口8万人)にガス供給をする1972年設立の地域ガス会社(Rhoen Gas)が地域熱供給やバイオマスボイラーによる熱供給事業などのバイオマス事業を2007年から展開している。**
- **Bad Neustadt町では、自治体が66%、ガス会社が34%出資する地域熱供給事業(供給施設数40カ所)を行っている。ボイラー熱出力は2MW(年間8000MWh)。小さいCHP20kWもある。ピーク対応の化石燃料ボイラーは出力5MWだが、蓄熱タンクは40トン(90～95℃)**
- **熱導管の導入コストは700ユーロ/mと高額だが、補助金KWBが60ユーロ/m(補助率10～12%)程度あり、15年回収(初期コストの75%が熱導管)**
- **生チップを燃料にしているが乾燥ベースで80～90ユーロ/トン、剪定枝(Green Waste)も50～60ユーロで**
- **地域熱供給関連設備の投資額は80万ユーロ(ボイラー設備30万ユーロ)**

ドイツの事例(5):シェーナウ電力(EWS)
市民主導の地域エネルギー供給会社(ドイツ)

http://www.ews-schoenau.de/

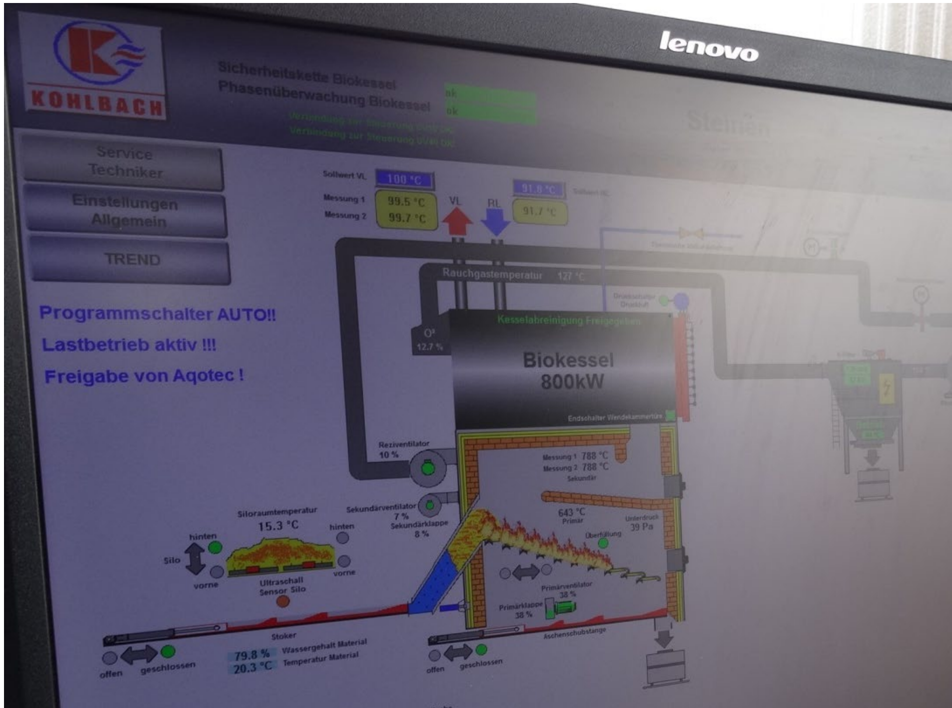


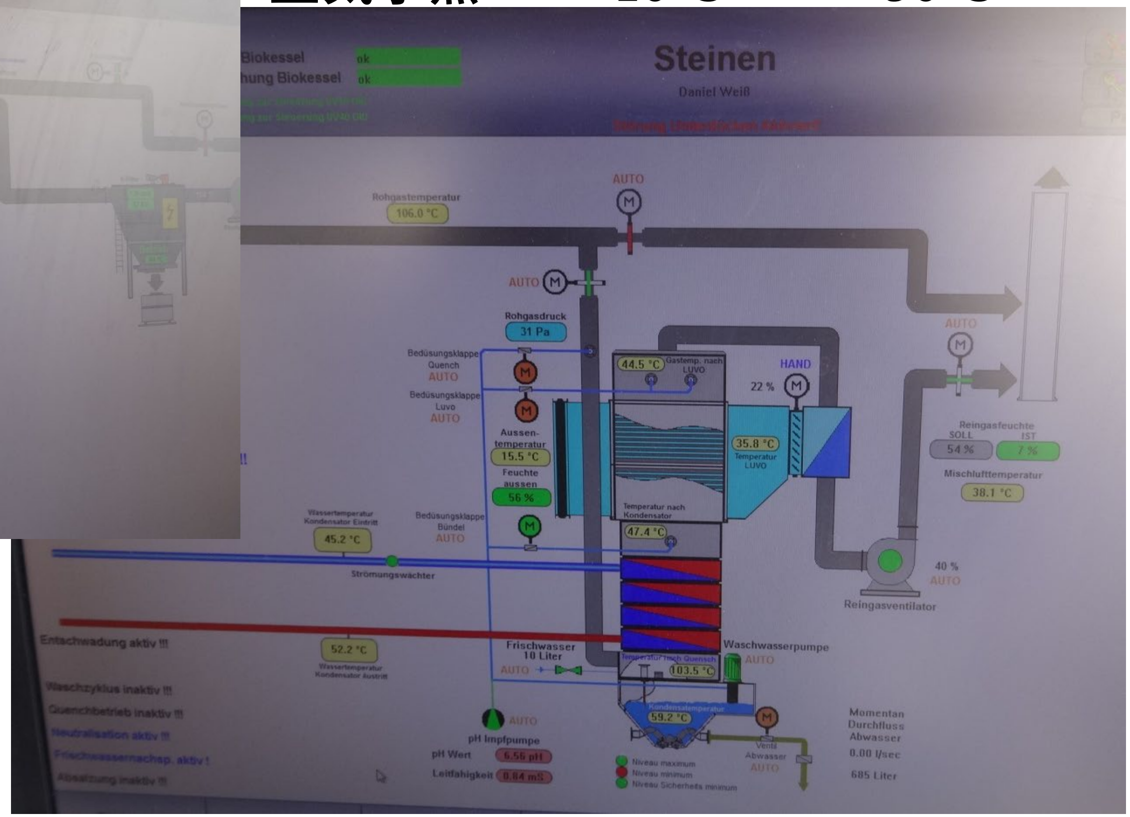
- ドイツ国内の約30万人に自然エネルギー100%の電気を供給。
- このうちシェーナウ周辺地域(配電網を所有)では約1万人(全体の約3%)に供給
- 地域の木質バイオマスによる地域熱供給事業を開始(公共施設、450世帯)

ドイツの事例(5):
シェーナウ電力の地域熱供給　潜熱回収システム

生チップ対応ボイラー(800kW)＋潜熱回収装置

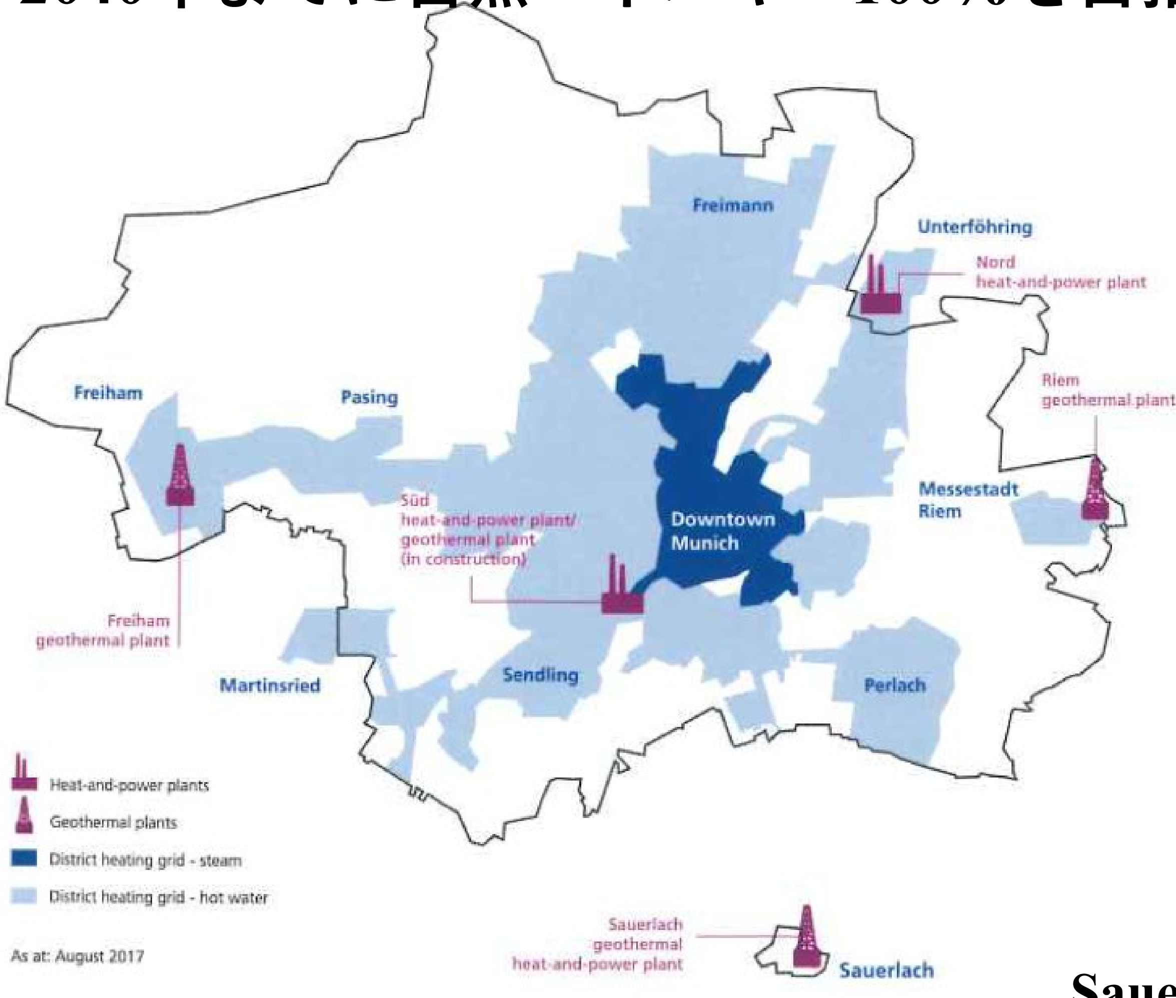
排ガス温度：106℃　→　38℃
温水予熱：　45℃　→　52℃
空気予熱：　16℃　→　36℃

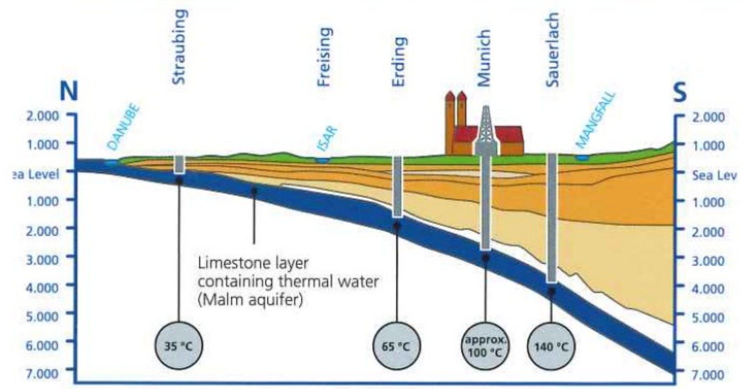




ドイツの事例(6):
都市の地域熱供給:ミュンヘンの都市公社(SWM)

- **欧州で最大規模の地域熱供給網(約800kmの熱導管網) 1908年より**
- **2040年までに自然エネルギー100%を目指す**





バイエルン・アルプスの地熱資源

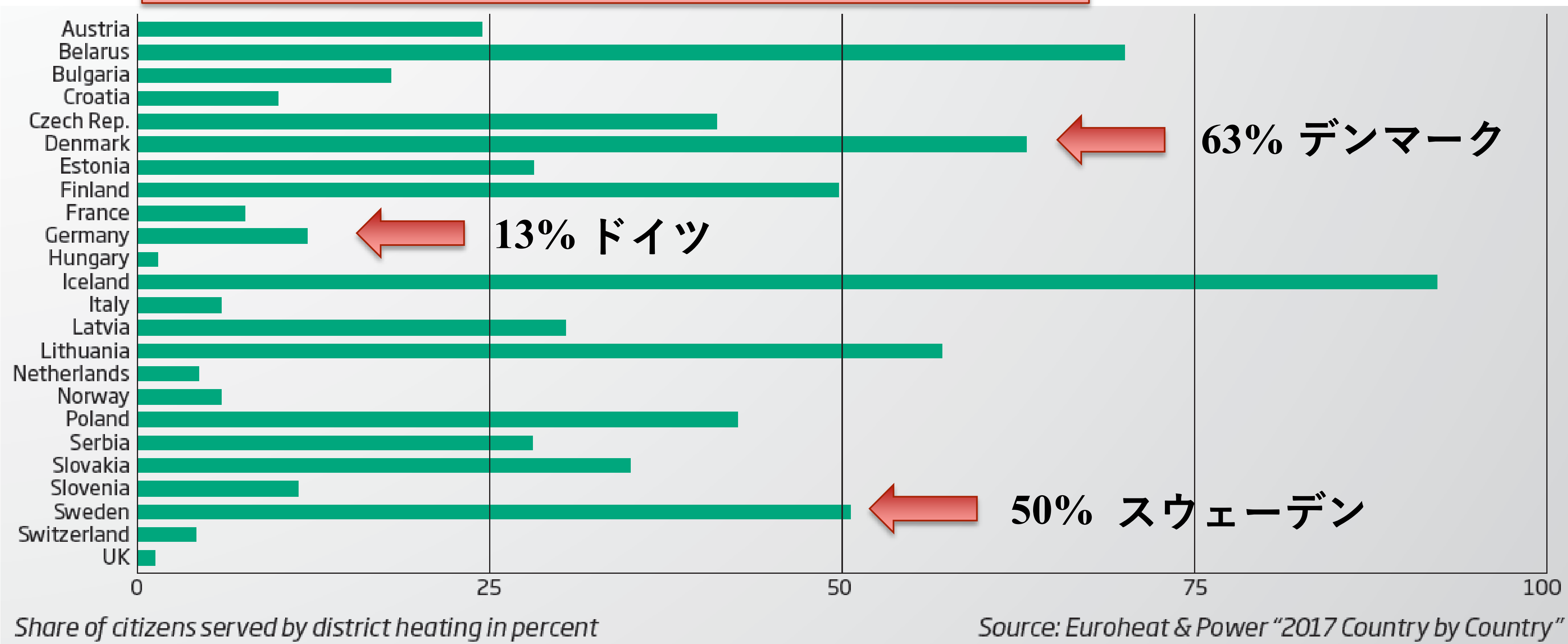
Sauerlach地熱発電所(5MWe+4MWth)

出所：SWM資料

欧州(EU)の地域熱供給

- 人口あたりで最も地域熱供給の普及率が高いアイスランド(90%以上)
- デンマークは60%以上で、ベラルーシ(70%以上)に次ぐ普及率

地域熱供給の普及率(人口あたり)2015年



出所：State of Green「デンマーク地域熱供給白書」

デンマークと日本の地域熱供給の比較

- **デンマークの人口あたりの地域熱供給の使用量は日本の100倍**
- **日本の地域熱供給の線熱密度はデンマークの約10倍**

指標	デンマーク	日本	デンマーク/日本
人口(2016年)	5,710,000	127,000,000	0.04
面積	43,094 km2	377,972 km2	0.11
販売熱量(2013年)	105,563 TJ/a	22,902 TJ/a	4.6
年間売上額(2013年)	2,945 M EUR	1,103 M EUR	2.7
熱導管総延長2013年(2009年)	29,000 (28,000) km	672 （736） km	43 (38)
DH総数	394	139	2.8
線熱密度	3.6 GJ/年 m	34.1 GJ/a年 m	0.11
人口当たり導入量	18.5 GJ/Capita	0.18 GJ/Capita	103
熱平均価格	0.028 EUR/MJ	0.048 EUR/MJ	0.58

Source: EUROHEAT&POWER Country by Country , 2015

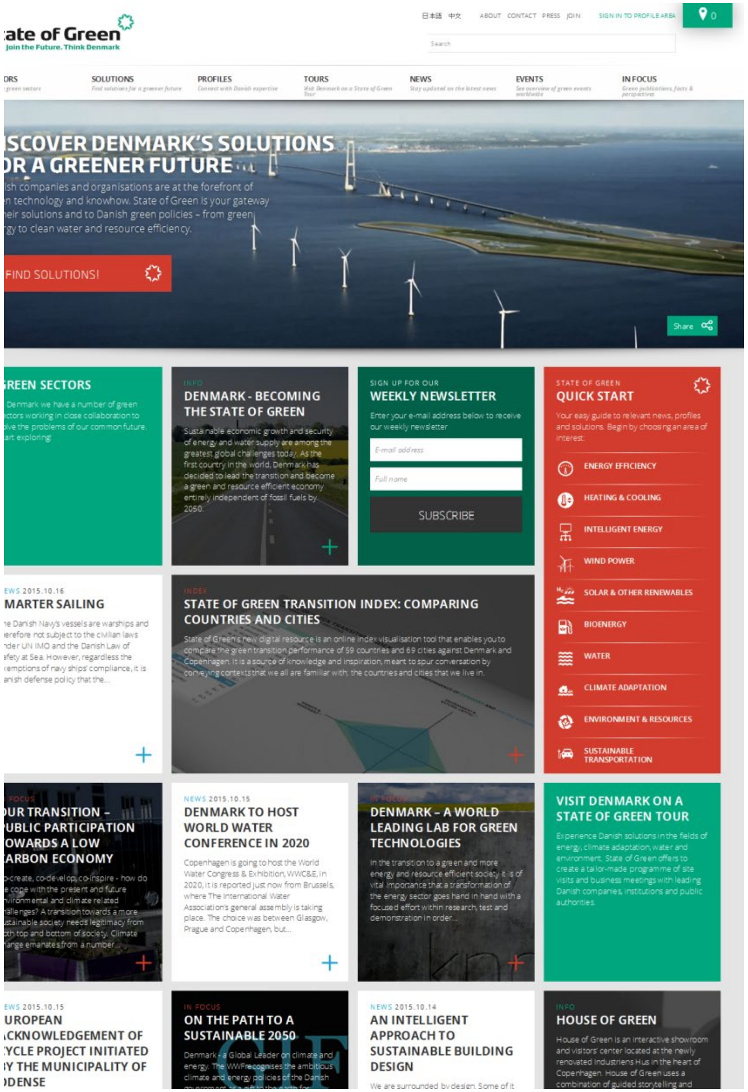
デンマークの地域熱供給白書

State of Green「地域熱供給白書」

- 地域熱供給の軸：使用燃料の柔軟性と安定供給
- 計画と規制～前提条件：規制プロセス、役割と必須条件
- 熱源の多様化により持続可能性が確保される：エネルギーをスマートに利用するカギ
- 蓄熱の必要性：経済的な節約と安定供給
- 地域熱供給の未来：世界中の可能性の実現

http://stateofgreen.com/jp/profiles/explore-the-green-danish-solutions-within-energy-efficiency/news/new-wp-district-energy

State of Green とは？



State of Green(ステート・オブ・グリーン)はデンマーク政府とデンマークの4つの主要な産業団体(デンマーク産業連盟、デンマークエネルギー協会、デンマーク農業食糧委員会、デンマーク風力産業協会)との産官パートナーシップによる非営利団体として2008年に設立された。

State of Green ホームページ

http://www.stateofgreen.com/

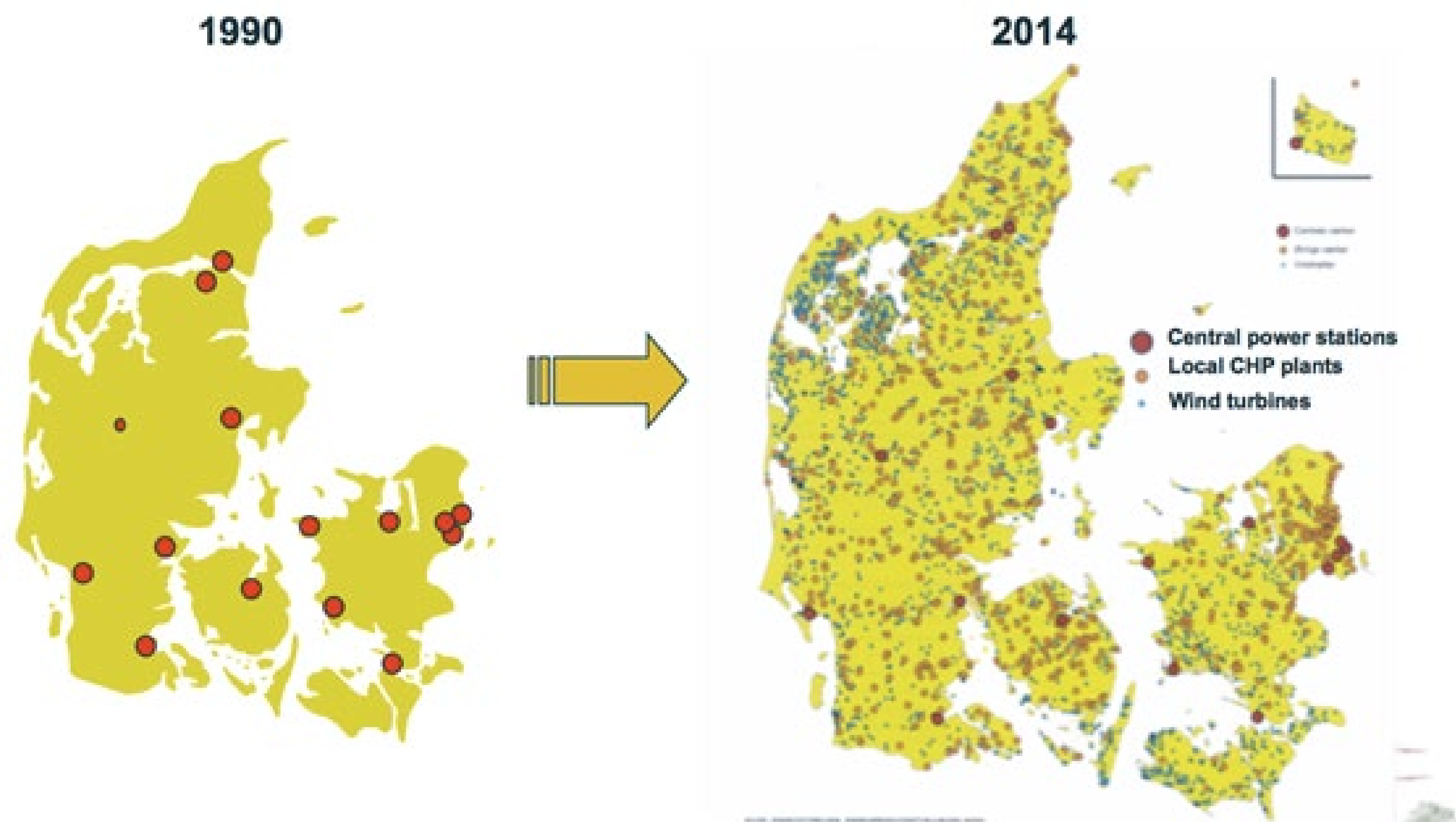
(英語、中国語、日本語)

http://www.stateofgreen.jp/

デンマークの環境ソリューションや技術に関する市場促進と共に、2011年には新たなデンマークの環境ブランド「ステート・オブ・グリーン ～ 未来へ、デンマークとともに」を打ち出している。

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

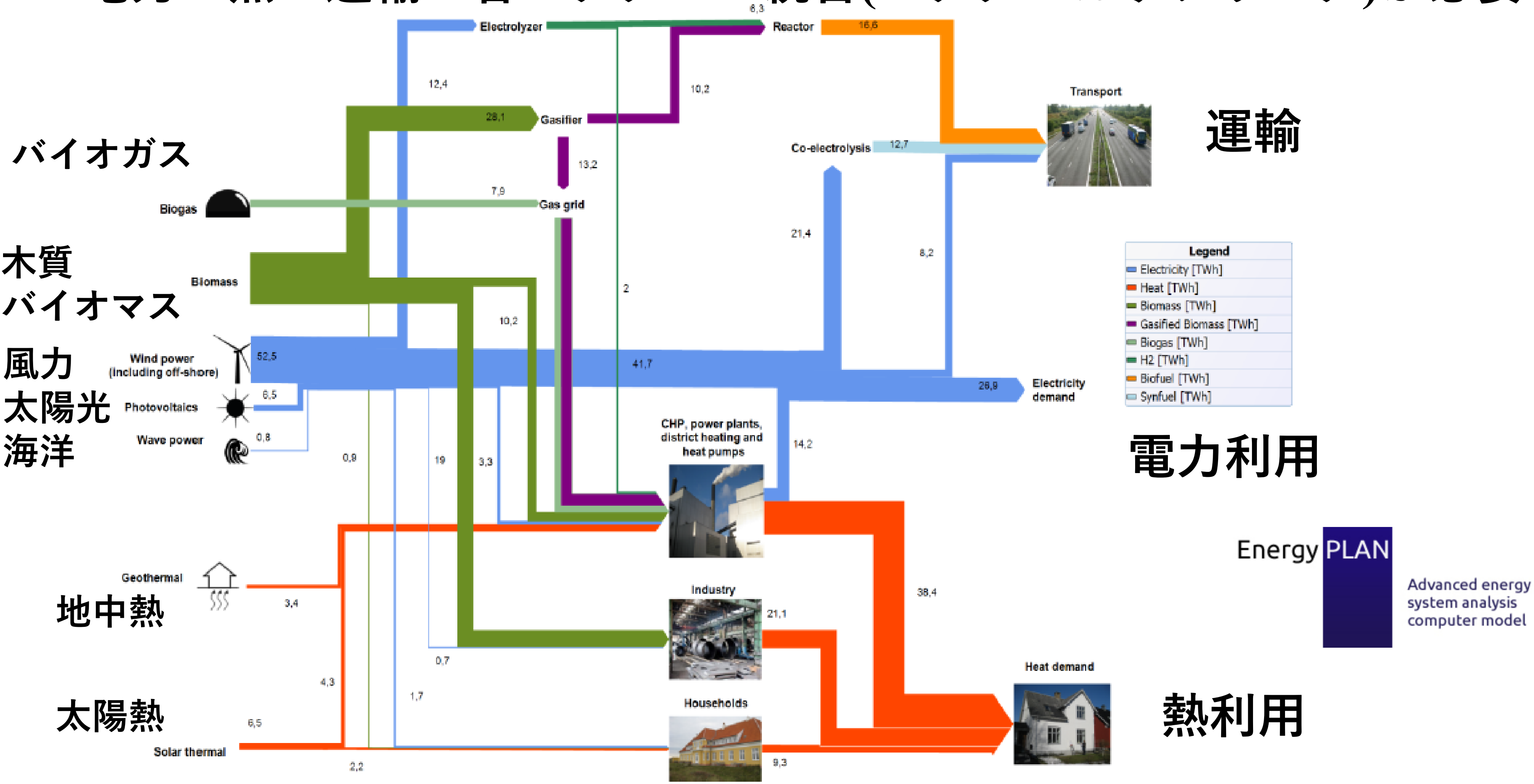
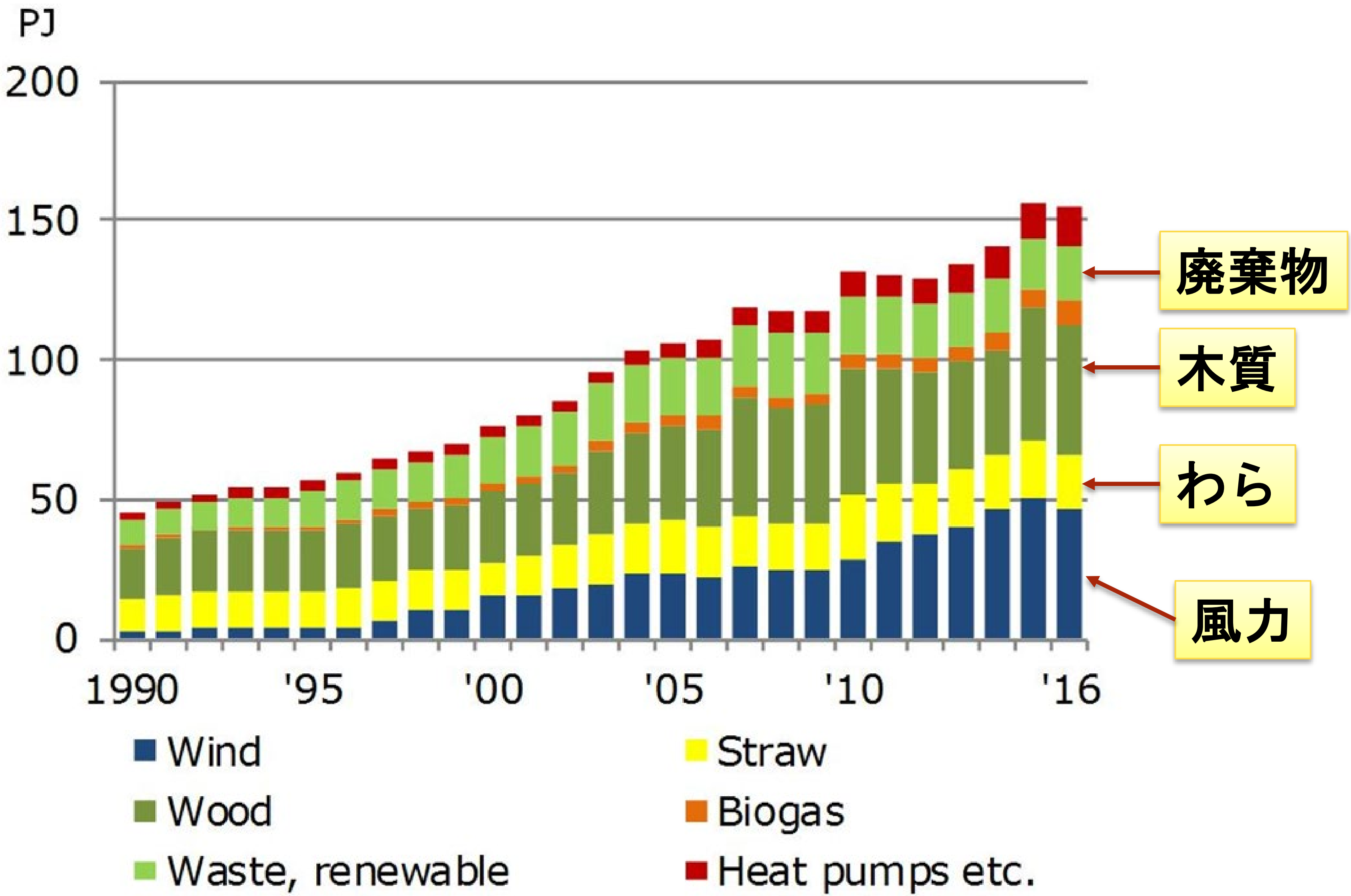


Figure 3.13, Sankey diagram of the CEESA 2050 100 % renewable energy scenario.

出所：CEESA(2017) http://www.ceesa.plan.aau.dk/

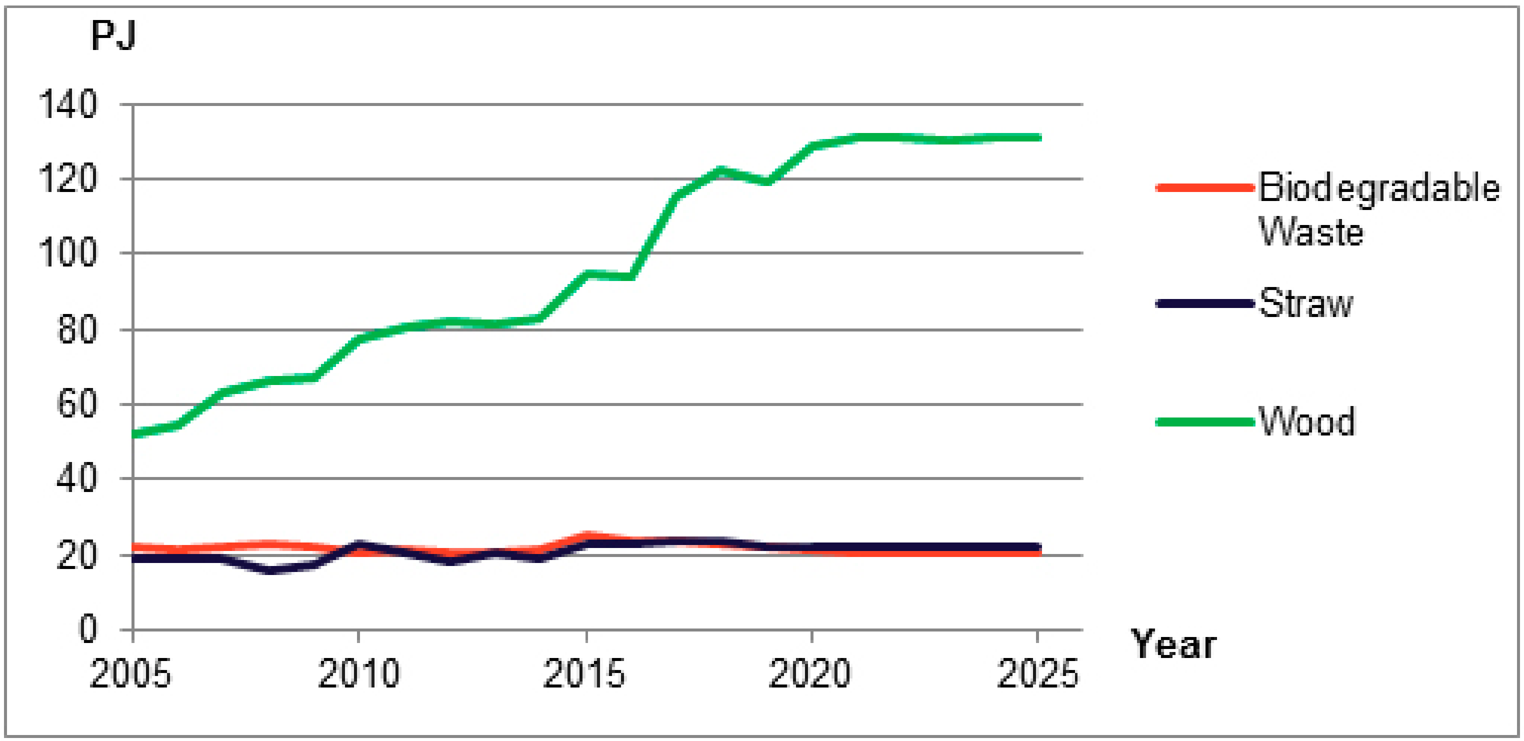
デンマークの再生可能エネルギー供給量



出典: Danish Energy Agency

デンマークのバイオマスエネルギー政策

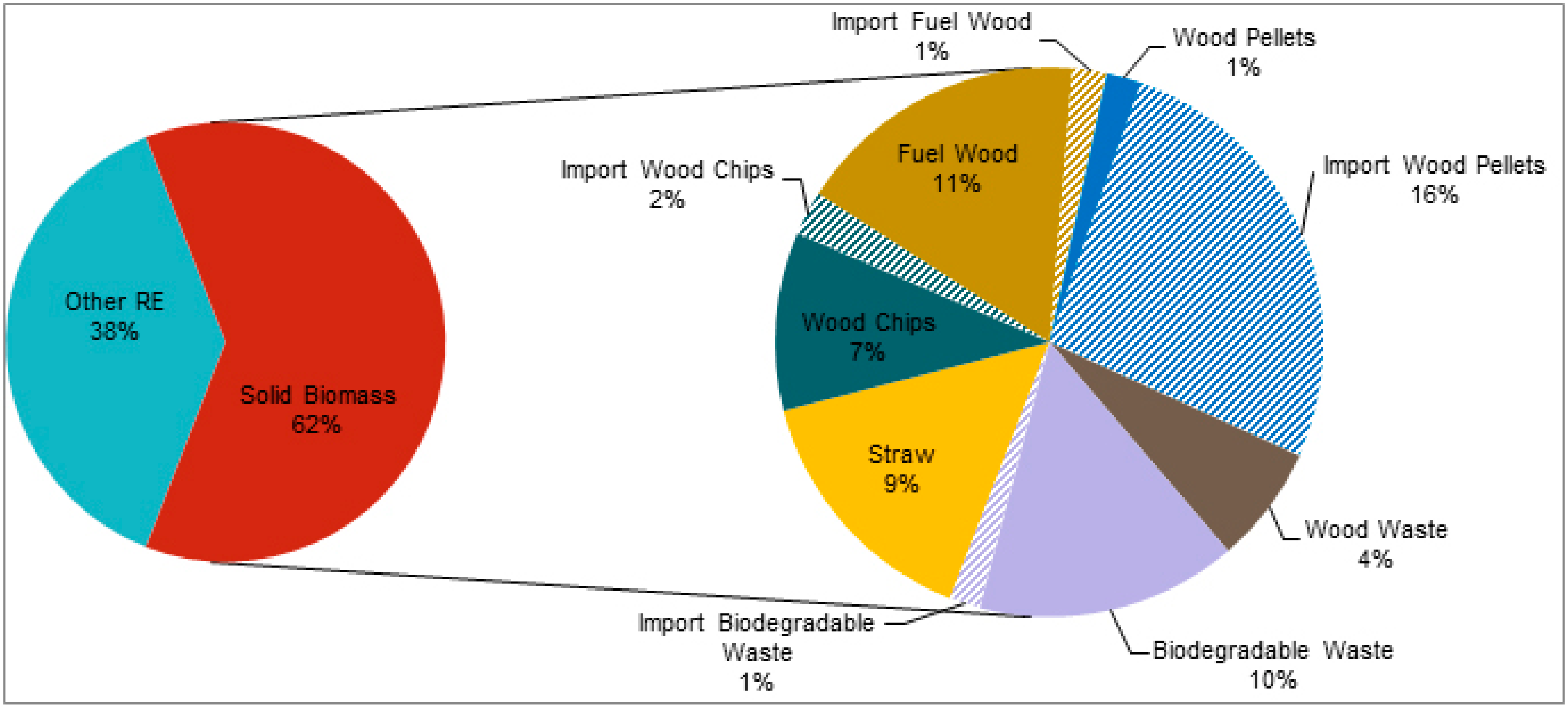
- 環境税と共にFIT, FIPおよび免税措置により導入をサポート
- バイオマスエネルギーの利用形態としてはCHP(熱電併給)、バイオガス、ガス化、バイオ燃料などが中心
- 1980年から1990年代は廃棄物や麦わらが中心だったが、2000年代からは輸入ペレット(バルト三国等)やチップが大幅に増加



出典: Danish Energy Agency

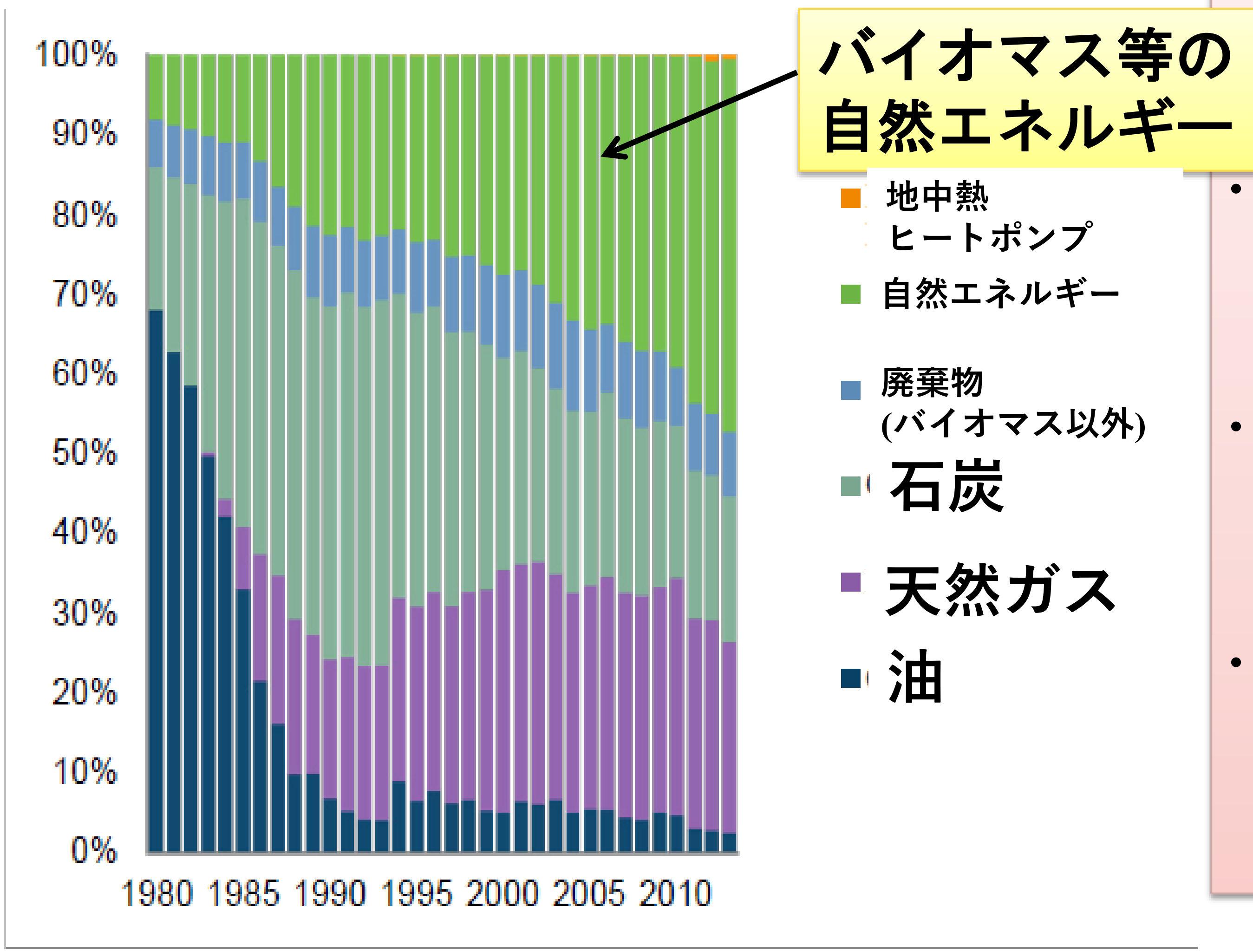
デンマークのバイオマス燃料の構成(2015年)

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*

デンマークの地域熱供給の歴史



- オイルショック後の1979年に熱供給法が制定され、費用対効果に基づいたゾーニング(土地利用計画)を促進している。
- これまでにデンマーク全土の熱需要の約50%、家庭用需要の約63%を地域熱供給でカバーするまでになっている(熱導管の総延長3万km)。
- デンマークの火力発電はCHP(熱電併給)のみであり、燃料としては、石炭が減少し、バイオマスの利用は増加しており、天然ガスは横ばい。
- 地域熱供給のうち、CHPが73%。残りは、電気のみのプラントか、太陽熱プラントであり、太陽熱プラントは増えている。

出典：デンマークエネルギー庁

デンマークの第4世代地域熱供給(4DH) その1

- 管理のしやすさコスト削減のため、熱供給システムの温度を下げており、低温熱源の利用や地中熱利用などが可能となっている(第4世代地域熱供給)。

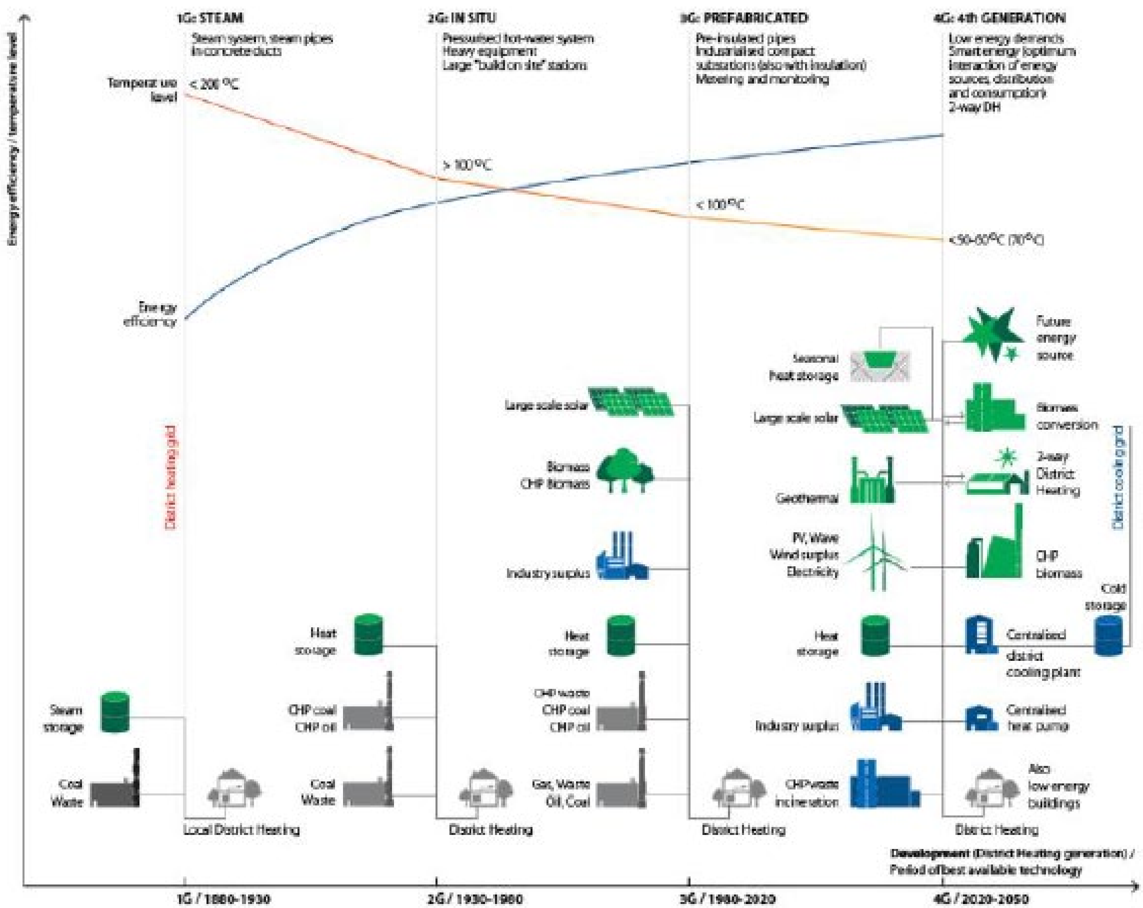


Fig. 2. Illustration of the concept of 4th Generation District Heating in comparison to the previous three generations.

第1世代： 蒸気(<200°C)
第2世代： 高温水(>100°C)
第3世代： 温水(<100°C)
第4世代： 低温水(<50°C)

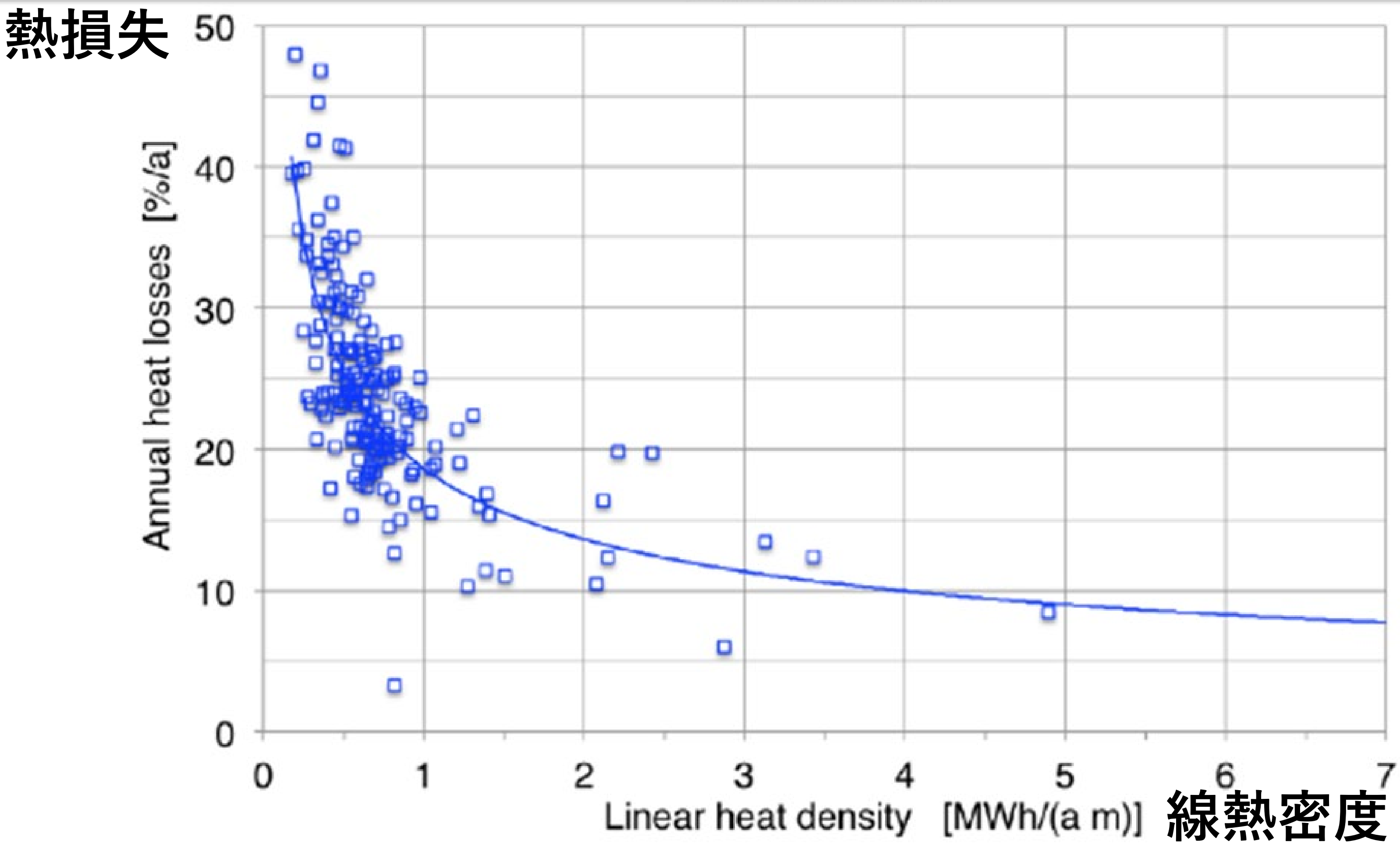
出所：Henrik Lund, et. al "4th Generation District Heating(4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy system" Energy 68(2014) 1-11

デンマークの第4世代地域熱供給(4DH) その2

	第1世代	第2世代	第3世代	第4世代
年代	1880-1930年	1930-1980年	1980-2020年	2020-2050年
主な特徴	蒸気ベース、コンクリートパイプ	加圧温水、大規模な施設	断熱パイプ、サブステーション、計測・モニタリング	低いエネルギー需要、スマートエネルギー、双方向地域熱供給
供給温度	＜ 200℃	＞ 100℃	＜ 100℃	50～60℃(70℃)
エネルギー効率	とても低い	低い	中程度	高い
熱源	石炭、廃棄物	石炭・廃棄物、石炭・石油CHP	天然ガス・廃油・石炭、廃棄物・石炭・石油CHP、産業排熱、バイオマス、大規模太陽熱	廃棄物・バイオマスCHP、集中型HP、産業排熱、バイオマス、余剰風力発電、地中熱、大規模太陽熱
蓄熱槽	蒸気蓄熱	蓄熱槽	蓄熱槽	蓄熱槽、冷水槽、季節間蓄熱
太陽熱利用	無	無	有	有
冷房需要	無	無	無	有

デンマークの地域熱供給：線熱密度と熱損失

- デンマークでは分散型の地域熱供給の熱密度が比較的低いため、地域熱供給ネットワークの熱損失が20%を超える地域が多い。



エネルギー効率を向上し、脱炭素化のため第4世代地域熱供給へ

出所：IEA Bioenergy Task32 “Status Report on District Heating Systems in IEA Countries”

第4回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議
2018年11月13日～14日(オールボー)

4th International Conference on

Smart Energy Systems and
4th Generation District Heating

13-14 November 2018 · Aalborg

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

4DH
4th Generation District Heating Technologies and Systems

http://www.4dh.eu/conferences/conference-2018

Heat Roadmap Europe 2050

reINVEST

第4回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議 2018年11月13日～14日(オールボー)全体概要

参加者：310名
参加国：25カ国(4大陸)
発表数：140

主要テーマ

- **4DH: 第4世代地域熱供給**
- **Smart Energy System**
- **District Energy in Cities(UNEP)**
- **Heat Roadmap Europe(EU)**
- **Peta4.3: 欧州全域の熱マップ**

パラレル・セッション

- スマート・エネルギー・システム
- 将来の地域熱供給製品とシステム
- エネルギー計画と計画ツール
- 低温地域熱供給網
- 組織、所有形態・事業主体

http://www.4dh.eu/conferences/conference-2018

第5回スマートエネルギー国際会議
(2019年9月10日・11日、コペンハーゲン)

Next year:

5th International Conference on Smart Energy Systems:

4th Generation District Heating, Electrification, Electrofuels and Energy efficiency

10-11 September 2019 · Copenhagen

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

主要テーマ：
- **第4世代地域熱供給(4DH)**
- **電化**
- **電気燃料・エネルギー効率化**

reINVEST

4DH

Sign up for our newsletters:

www.reinvestproject.eu

www.4dh.eu

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

#SES4DH2018

http://www.4dh.eu/

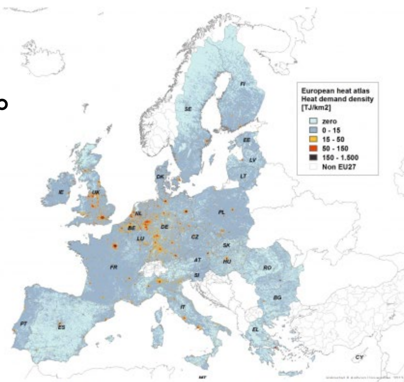
Heat Roadmap Europe 2050プロジェクト

Heat Roadmap Europe 2050
http://www.heatroadmap.eu/

Heat Roadmap Europe 2050

A low-carbon heating and cooling strategy for Europe
欧州の温冷熱の低炭素戦略
4th HRE(Heat Roadmap Europe)

欧州全域
熱需要マップ



PETA
Pan European Thermal Atlas

エネルギー需要分析

FORECAST
FORecasting Energy Consumption Analysis and Simulation Tool

EnergyPLAN

エネルギーシステム分析
Advanced energy system analysis computer model

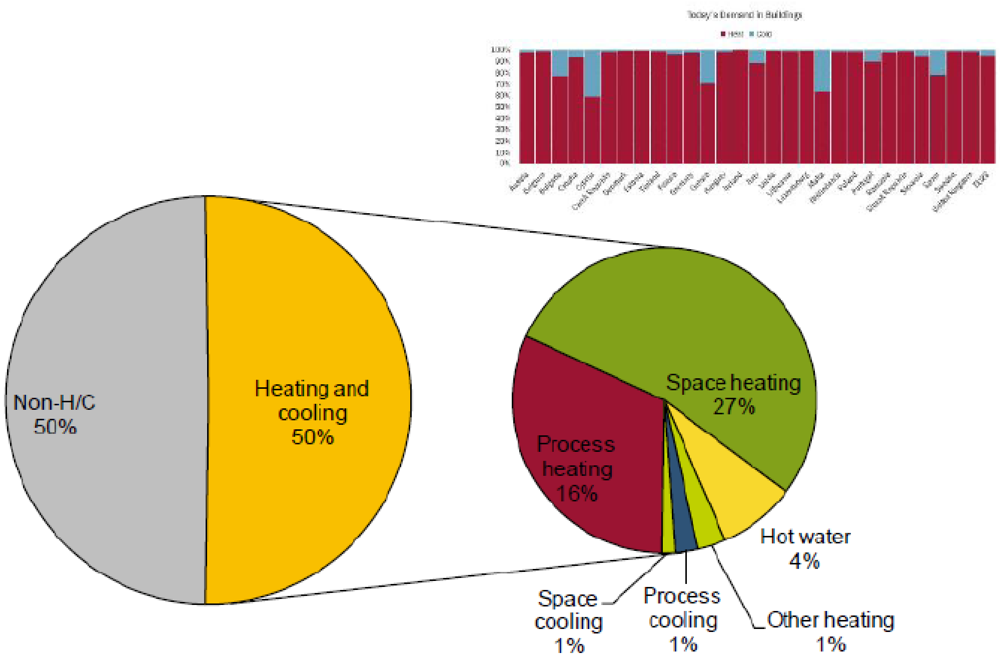
The JRC-EU-TIMES model

- Build a starting point
- Integrate heat savings
- Comparing network solutions
- Comparing individual heating solutions
- Integrate more excess and renewable heat
- Integrate more renewable electricity in the heating and cooling sectors.
- Optimising and developing Heat Roadmaps

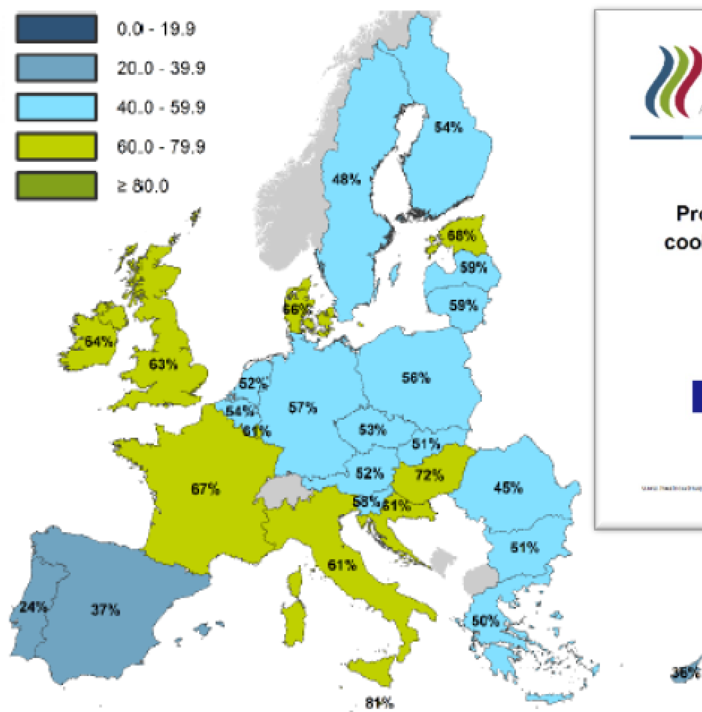
技術モデル分析

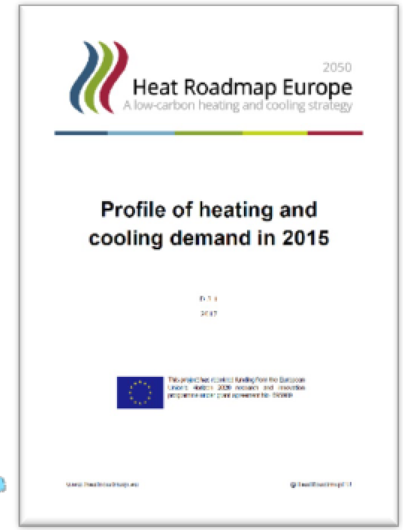
Heat Roadmap Europe (1)熱需要の割合

EUでは熱分野のエネルギー需要がエネルギー需要全体の半分を占める



Heating and cooling demand in 2015 in the EU28 by end-use compared to total final energy demand
- Large share for All Member States (not just the 'cold' North)
- Overall cooling share in general is 10-15%



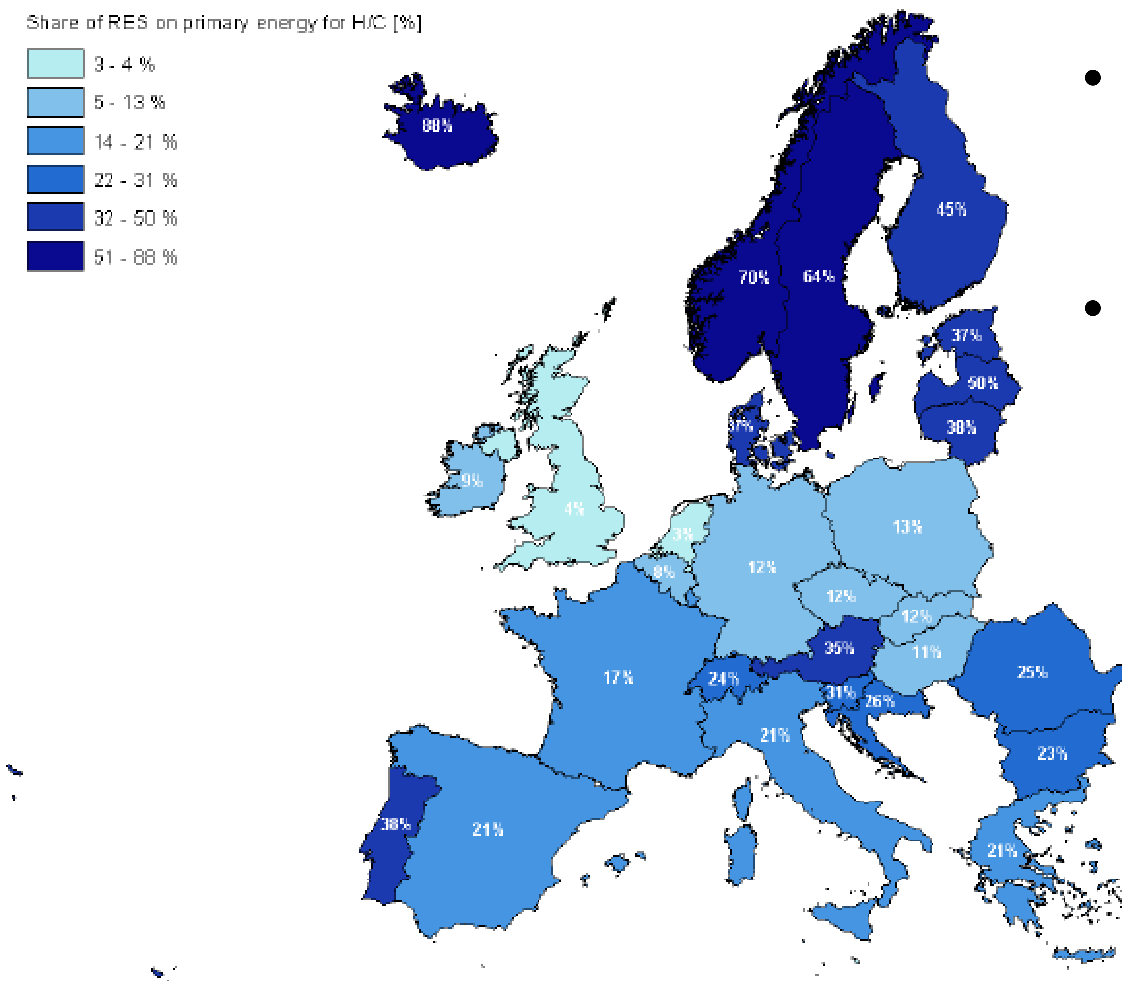


Heating and cooling demand in 2015 in the EU28 by end-use compared to total final energy demand

https://heatroadmap.eu/

Heat Roadmap Europe (2)自然エネルギー熱の導入率

熱分野での自然エネルギーの導入可能性は大きい



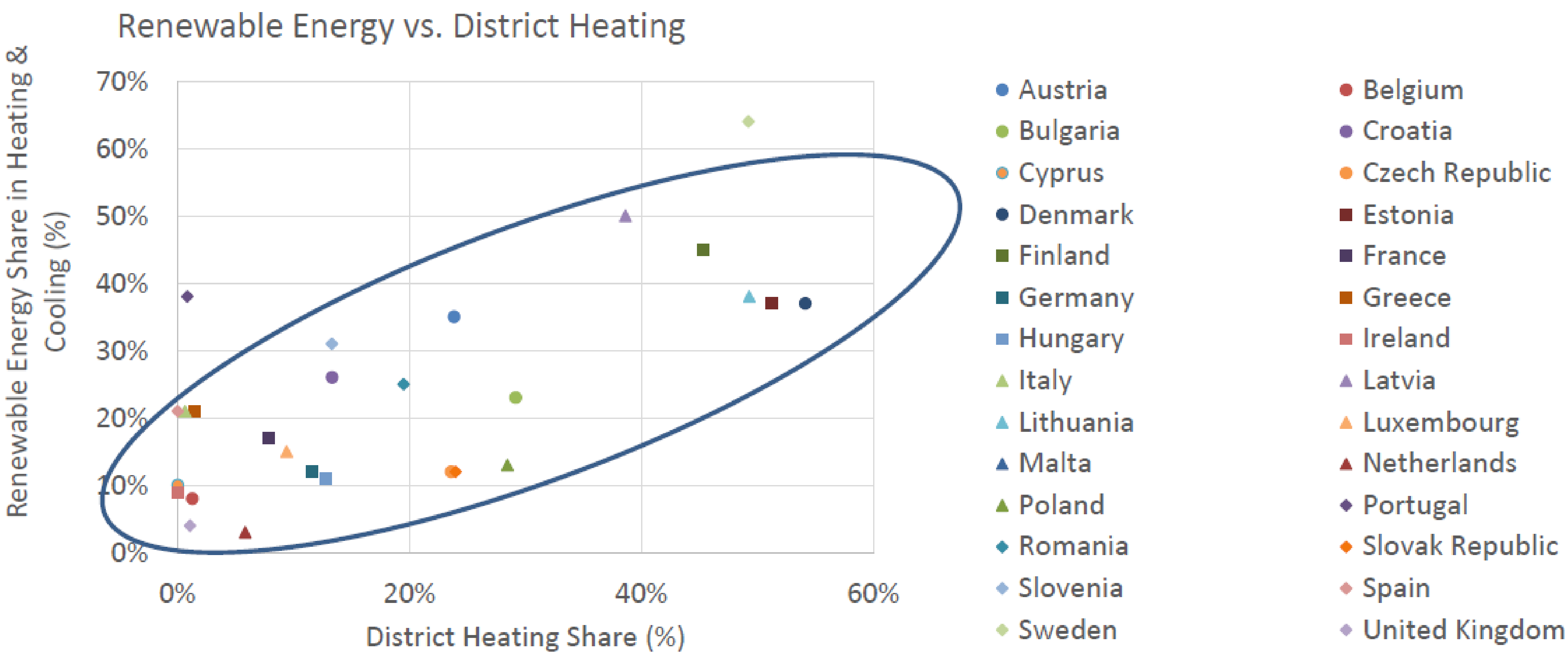
- **すでに50%を超える国：アイスランド、スウェーデン、ノルウェー**
- **30%を超える国：フィンランド、バルト三国、オーストリア、ポルトガル**

Source: Mapping and analyses of the current and future heating-cooling fuel deployment, 2016

https://heatroadmap.eu/

Heat Roadmap Europe　(3)地域熱供給の導入率

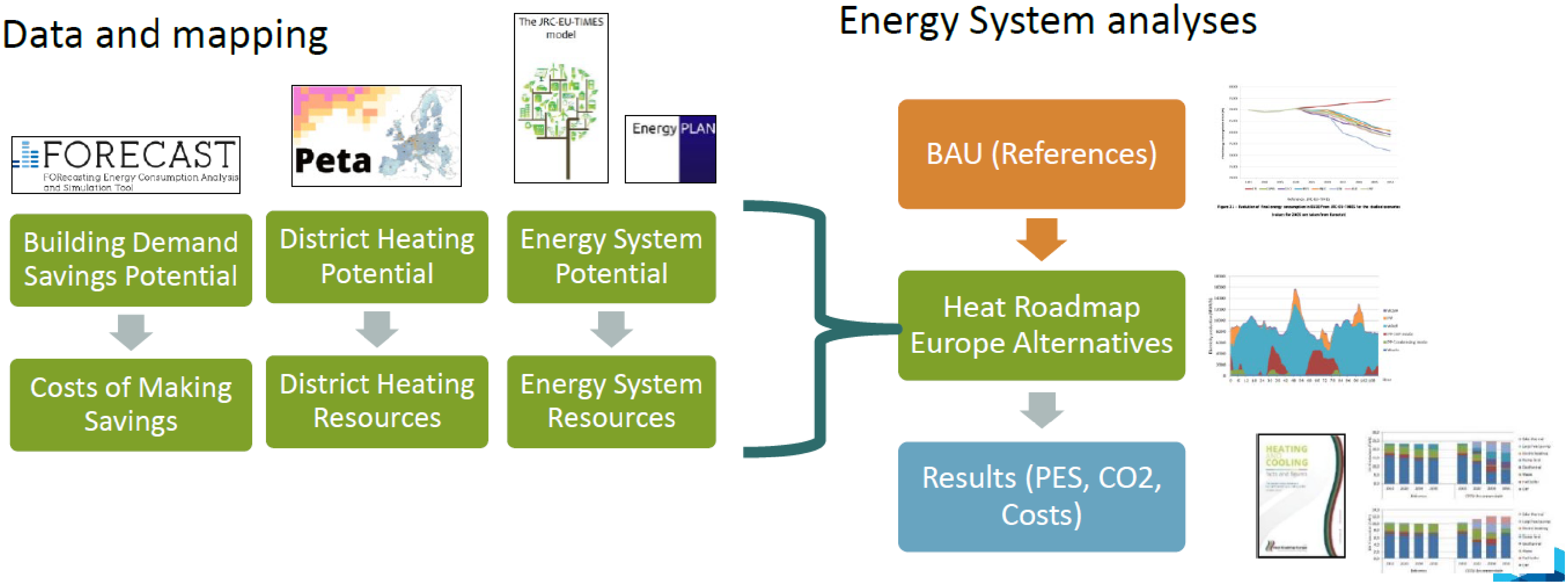
地域熱供給の導入率が高い国ほど自然エネルギー熱の割合が高い



https://heatroadmap.eu/

Heat Roadmap Europe(4) EUにおける熱ロードマップ策定手法

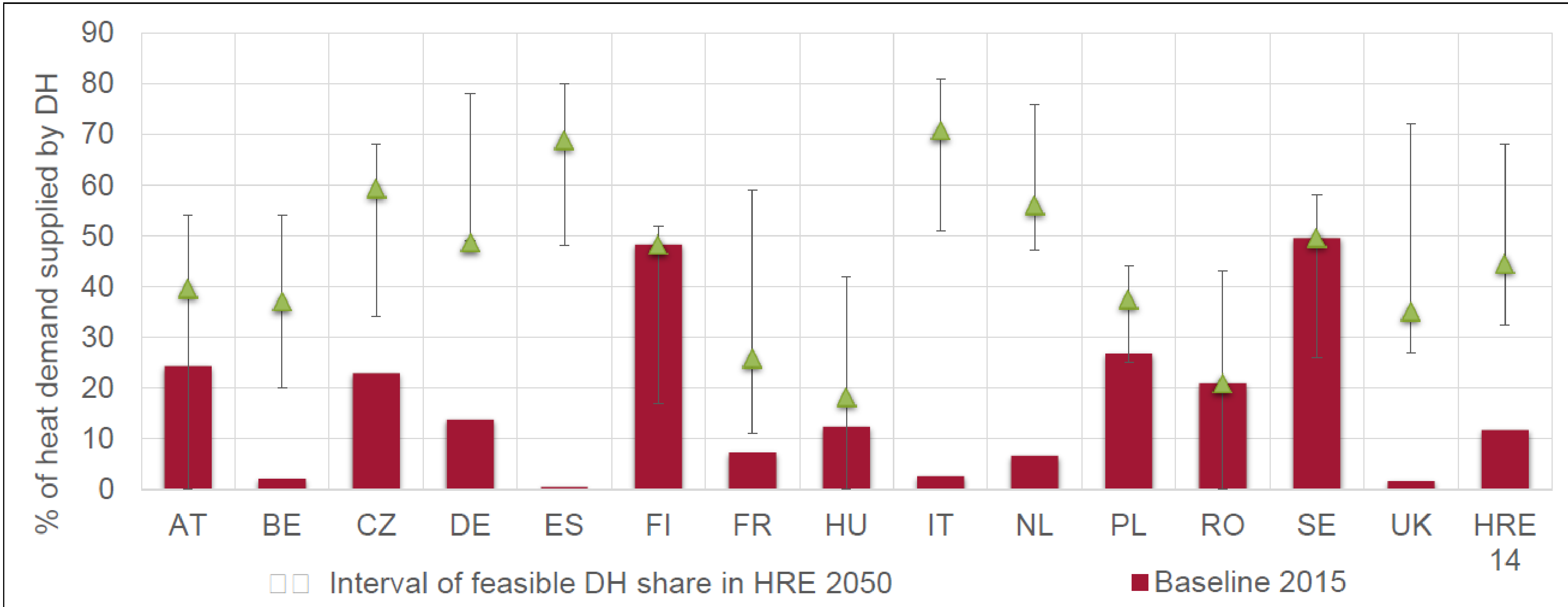
- **FORECASTツール: 建物の需要削減ポテンシャル分析**
- **Peta熱需要マップ: 地域熱供給ポテンシャル・資源量分析**
- **EnergyPLAN: エネルギーシステム分析**



https://heatroadmap.eu/

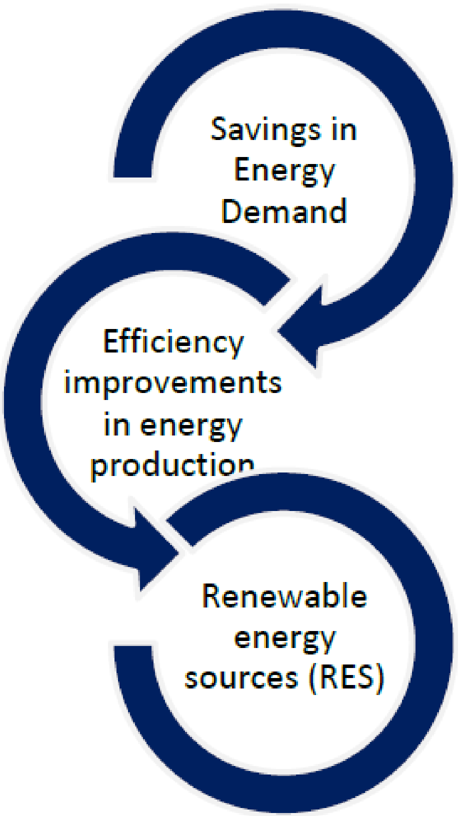
Heat Roadmap Europe(5) EU各国の地域熱供給普及率

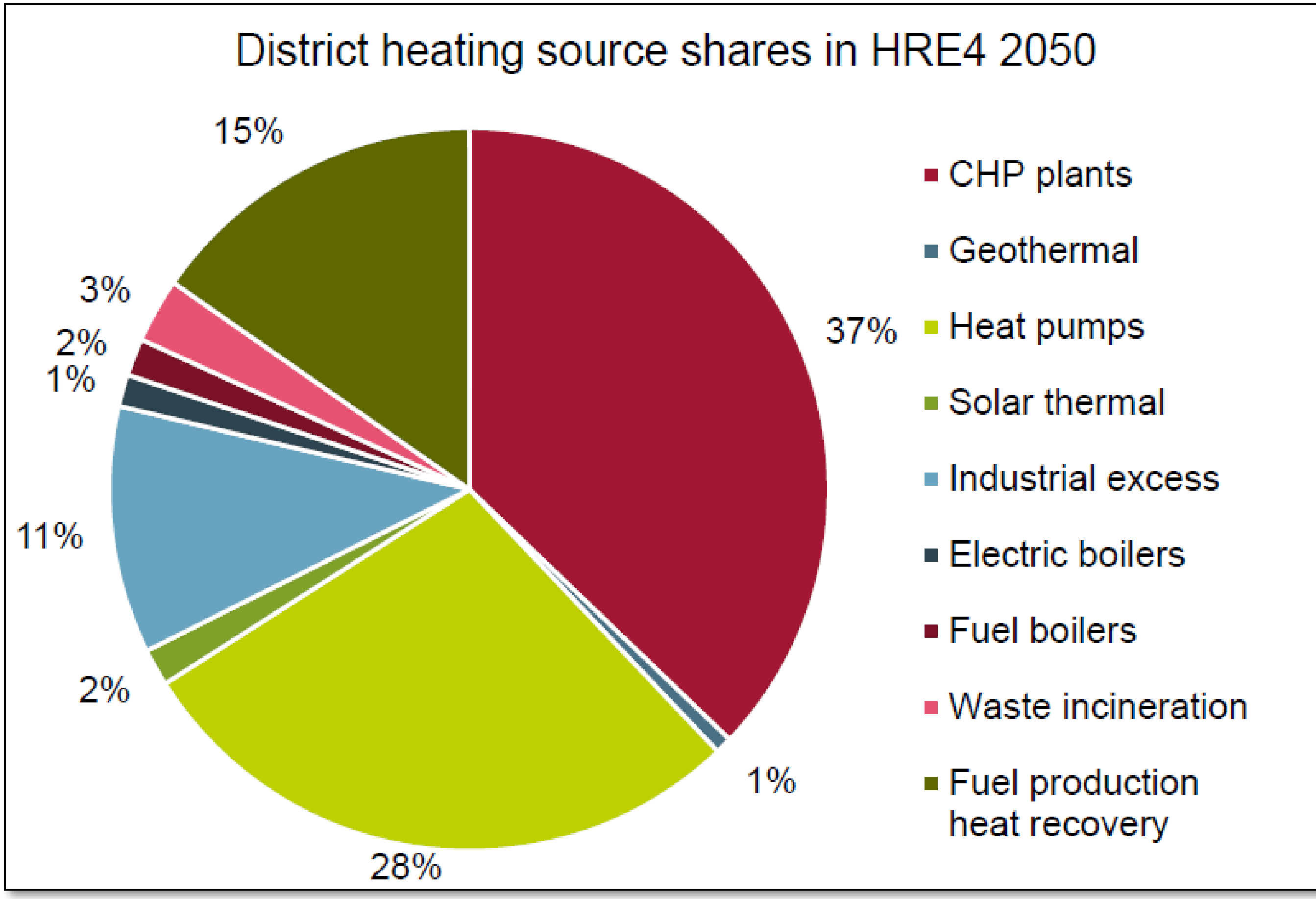
現状(2015年)の地域熱供給普及率と推奨される普及率



https://heatroadmap.eu/

Heat Roadmap Europe(6) 地域熱供給の熱源(2050年)





https://heatroadmap.eu/

熱需要マップPeta: the Pan-European Thermal Atlas

Peta4.3: 欧州全域の再エネ熱マップ
- **10種類のマップが利用可能**

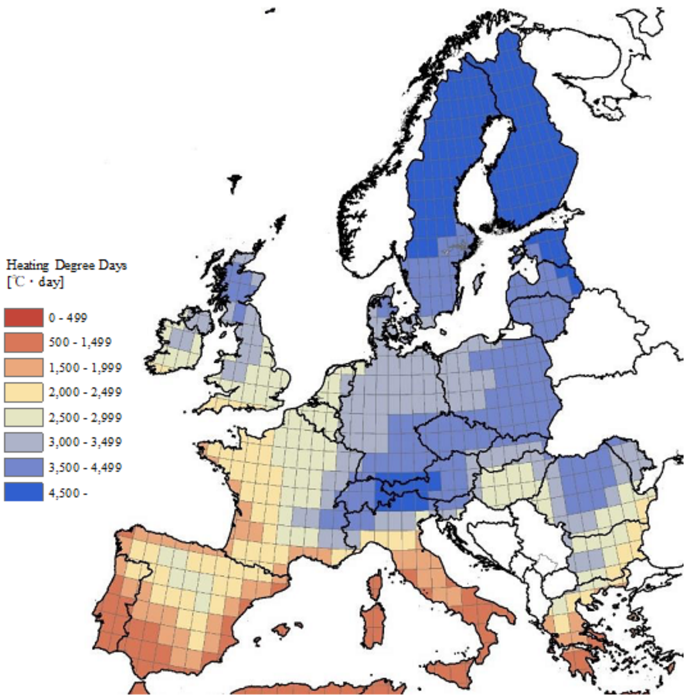
http://www.heatroadmap.eu/peta.php

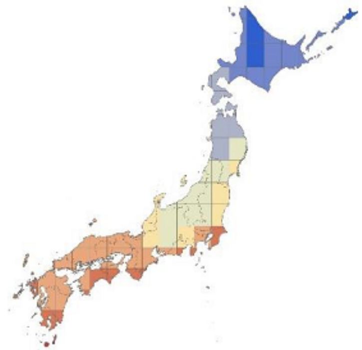
新機能：
- 排熱マップ(下水、地下鉄など)
- 地域熱供給(DH)推奨導入率
- 検討中：排熱(データセンター、建物など)

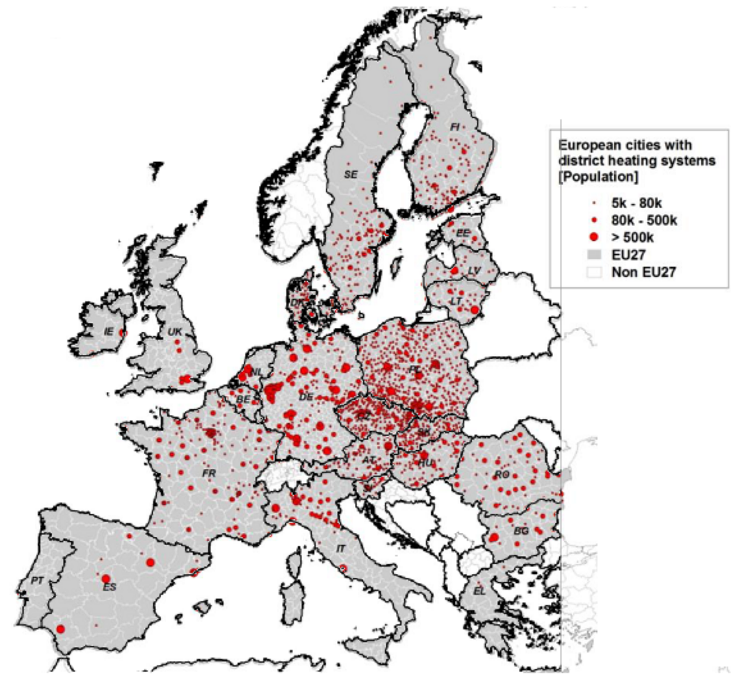
アップデート
- ・太陽熱ポテンシャル
- ・冷熱需要マップ
- ・来年予定：地熱、バイオマス

欧州と日本の暖房度日(HDD:Heating Degree Days)比較と欧州の地域熱供給網

日本でも北日本の10道県で2500℃日を超える







"Design and analysis of district heating system utilizing excess heat in Japan" Shin Fujii, Takaaki Furubayashi and Toshihiko Nakata

Ref. ：Climate: monthly and annual average heating degree days below 18℃ GIS data at one-degree resolution of the World from NASA/SSE, OpenIE Heat Roadmap Europe 2 Maps, Halmstad & Aalborg Universities, 2013

Above 2500 °C-day
10 prefectures in North Japan

デンマークの地域熱供給マップ

Dronninglund村

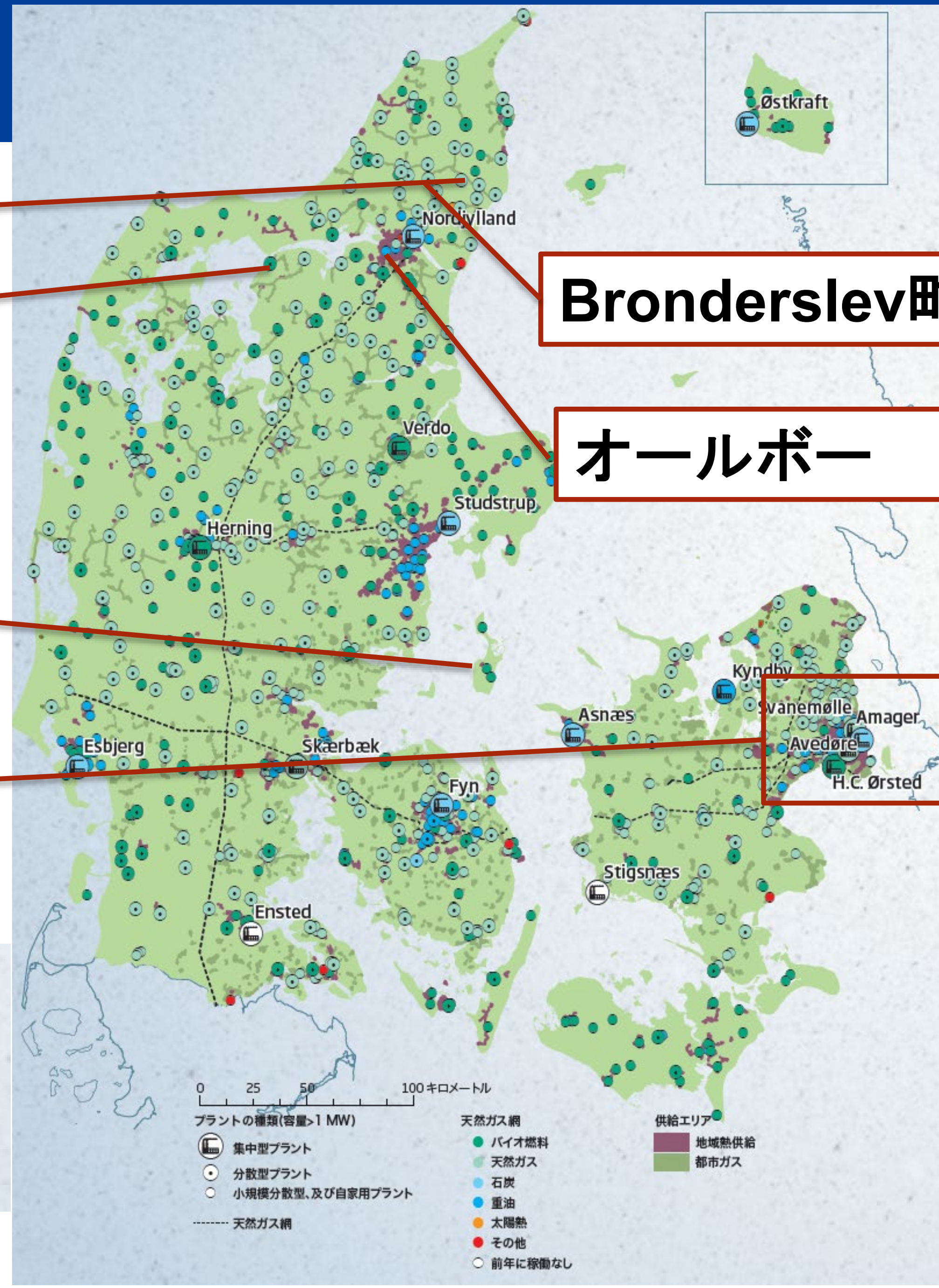
Løgstør町

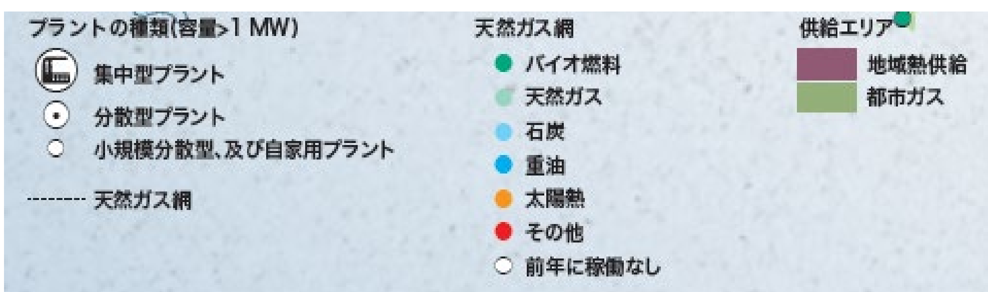
Nordby/Mårup (サムソ島)

コペンハーゲン周辺地域

Bronderslev町

オールボー

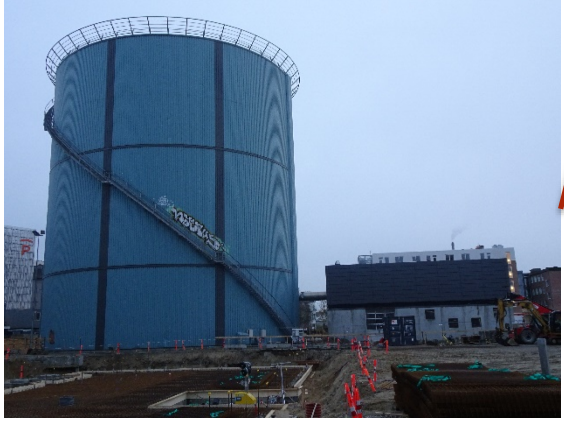




デンマークの事例(1):
オールボー地域の地域熱供給システム

オールボー地域熱供給会社 (34000ユーザー、最大需要800MW)

3.セメント工場の排熱
(DHの約20%を供給)



1. 蓄熱槽(1.2万m3)と
ポンプ室

4.人工湖
(冷熱供給源)

8.大学病院
(新規需要先)

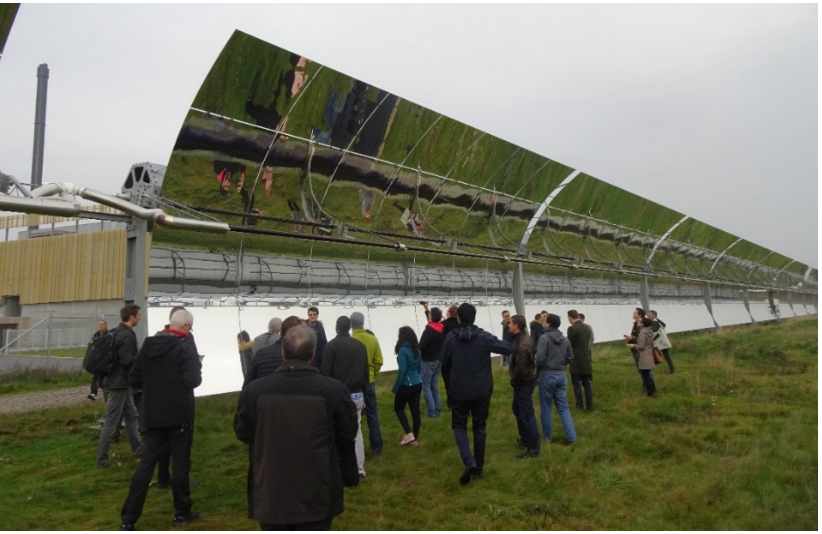
5.石炭火力CHP(500MW)
DHの約50%を供給

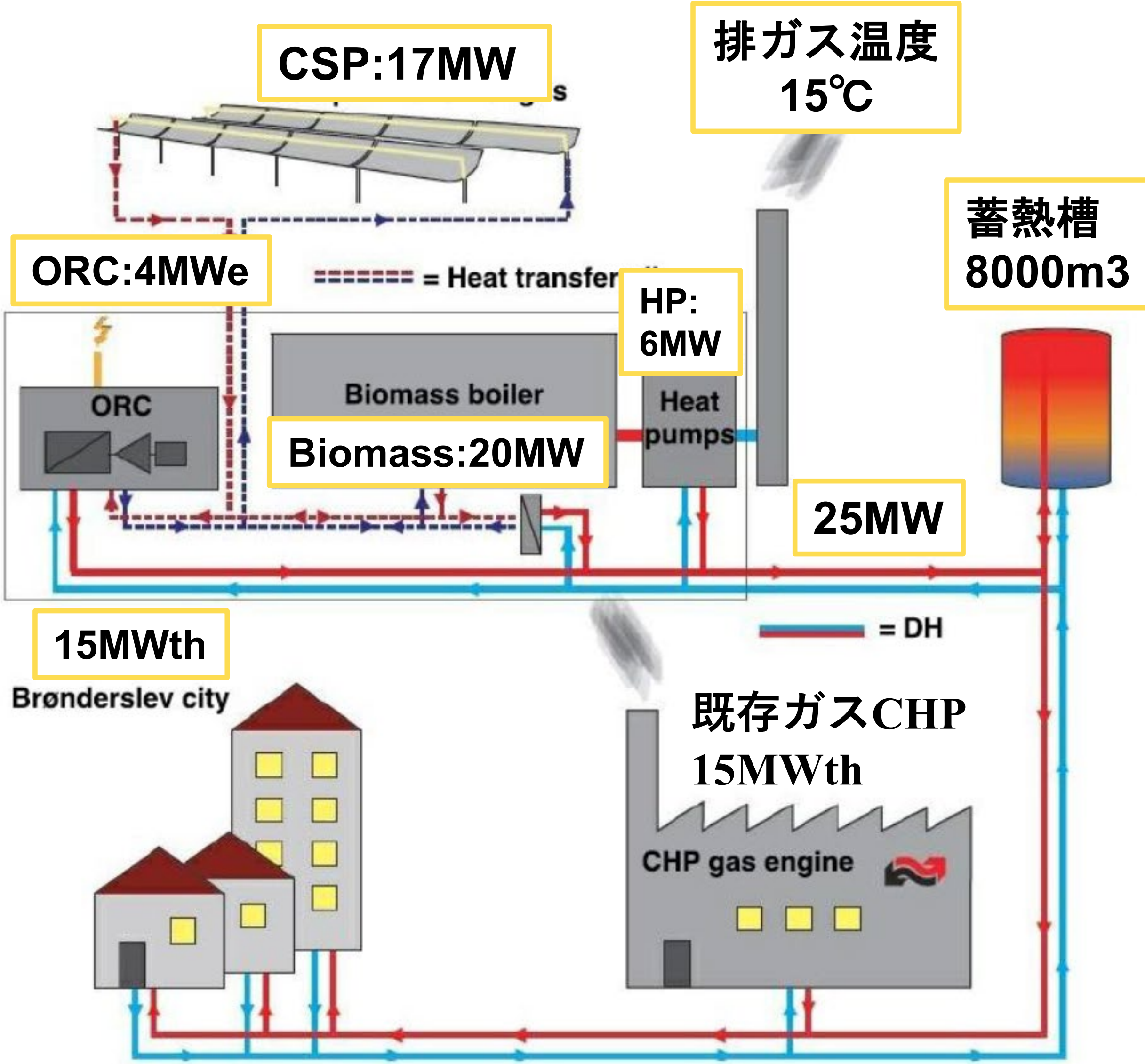
7.廃棄物CHP(60MW)
DHの約25%を供給

デンマークの事例(2) ORCによるCHPの最新事例 デンマーク北部Bronderslev町でのスマート地域熱供給

- **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)**

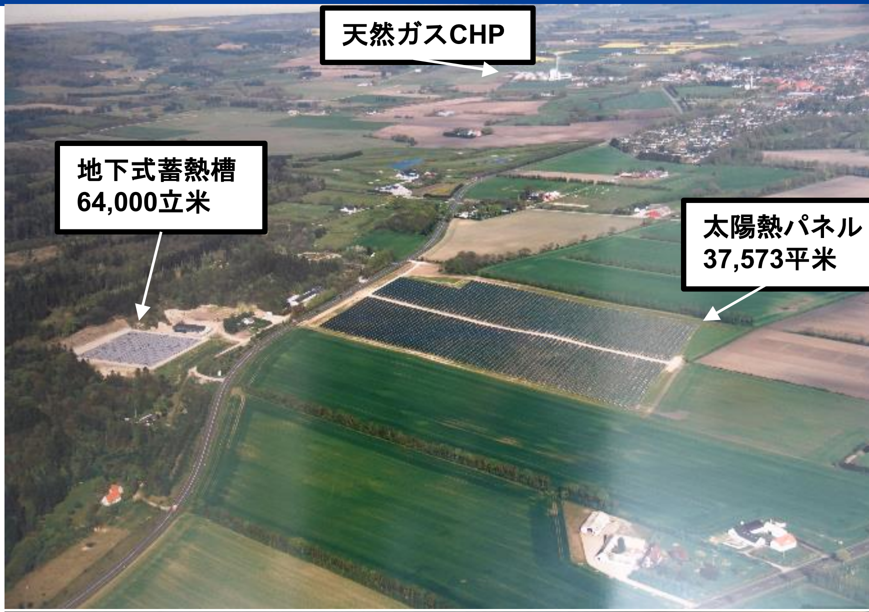
デンマークの事例(2) ORCによるCHPの最新事例
デンマーク北部Bronderslev町でのスマート地域熱供給

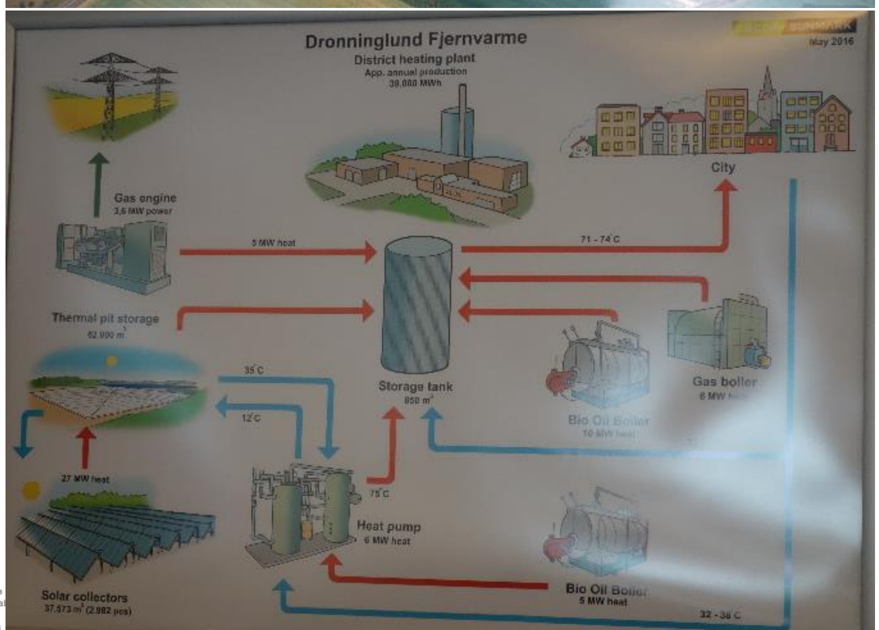




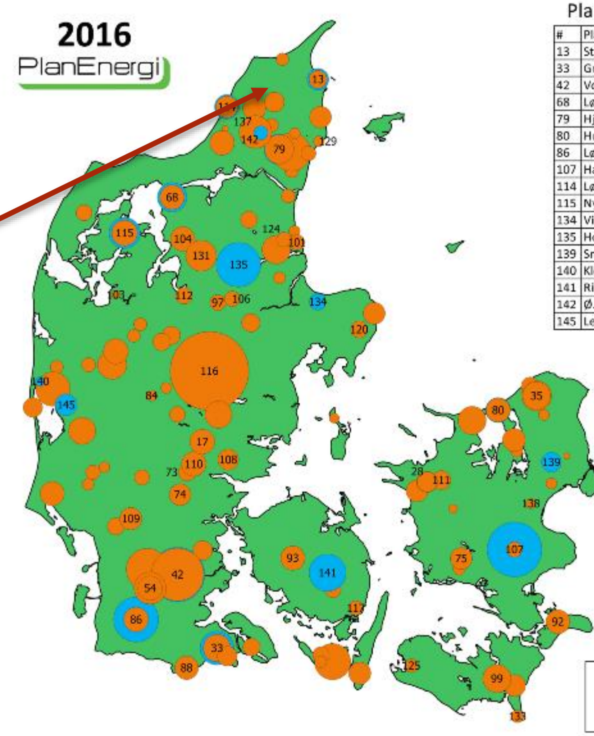
最大熱需要40MW(4600ユーザー)

デンマークの事例(3):太陽熱地域熱供給(SDH)システム Dronninglund村(デンマーク北部)





デンマーク国内で100以上のSDHが稼働



Planned new & expansions

#	Plant	Collector area (m2)
13	Strandby	(8019)+4000
33	Gråsten	(19024)+11189
42	Vojens	(17500+52492)+5000
68	Løgstør	(15208)+7000
79	Hjallerup	(21546)+2500
80	Hundested	(14465)+1200
86	Løgumkloster	(9699+5576)+36000
107	Haslev	(6010)+70000
114	Løkken	(12096)+3000
115	Nykøbing Mors	(16708)+8000
134	Vivild	7000
135	Hobro	50000
139	Smørum	10000
140	Kloster	2300
141	Ringe	35000
142	Ø. Brønderslev	5000
145	Lem	12000

New plants & expansions in operation

#	Plant	Collector area (m2)
17	Tørring	(7284)+8467
28	Svebølle-Visking.	(7035+3000)+1000
35	Helsinge	(4733+14855)+3276
54	Toftlund	(11000)+15000
73	Bredsten - Balle	7800
74	Egtved	12000
75	Fuglebjerg	12000
84	Kølkær	2873
86	Løgumkloster	(9699)+5576
88	Padborg	13961
92	Stege	14515
93	Tommerup	15000
97	Ørum	6375
99	Øster Toreby	20000
101	Als (Mariagerfj.)	5947
103	Ejsing	1800
104	Farsø	15120
106	Hammershøj	6000
107	Haslev	6010
108	Hedensted	11000
109	Holsted	12500
110	Jelling	15290
111	Jyderup	9239
112	Løgstrup	7031
114	Løkken	12096
115	Nykøbing Mors	16708
116	Silkeborg	156694
117	Skårup (Sydfyn)	5418
120	Trustrup-Lyngby	7245
124	Veddum (VSV)	5500
125	Søllested	4701
129	Voerså	2873
131	Aalestrup	24129
133	Gedser	4000
137	Brønderslev	26929
138	Havdrup	2569

In operation	Total collector area (in operation): 1 302 331 m^2
Planned / planned expansion	Total collector area (planned): 269 189 m^2

Dronninglund村(1300世帯)の太陽熱地域熱供給
運転開始: 2014年
太陽熱パネル：37,573平米
地下式蓄熱槽：64,000立米
化石燃料削減率：40%(目標50%)

Institute Sustainable Energy Policies

デンマークの事例(4): 地方都市の地域熱供給(ログスター町)

項目	情報	備考
わらボイラー	定格出力8MW	供給熱量比率62%
木質ペレットボイラー	定格出力8MW	供給熱量比率28
地域冷房プラント	定格出力500kW	
年間熱供給量	75,000 MWh	最大出力34MW
蓄熱槽	1600㎥ × 2基 = 3200 ㎥	
供給戸数	約2500戸	メーター数
断熱導管の総延長	約60km	平均熱損失24%
供給温度	75℃(冬季)、72℃(夏季)	
戻り温度	40℃(冬季)、45℃(夏季)	
運営会社	Logstor 地域熱供給会社	
Løgstør町の人口	約4000人	

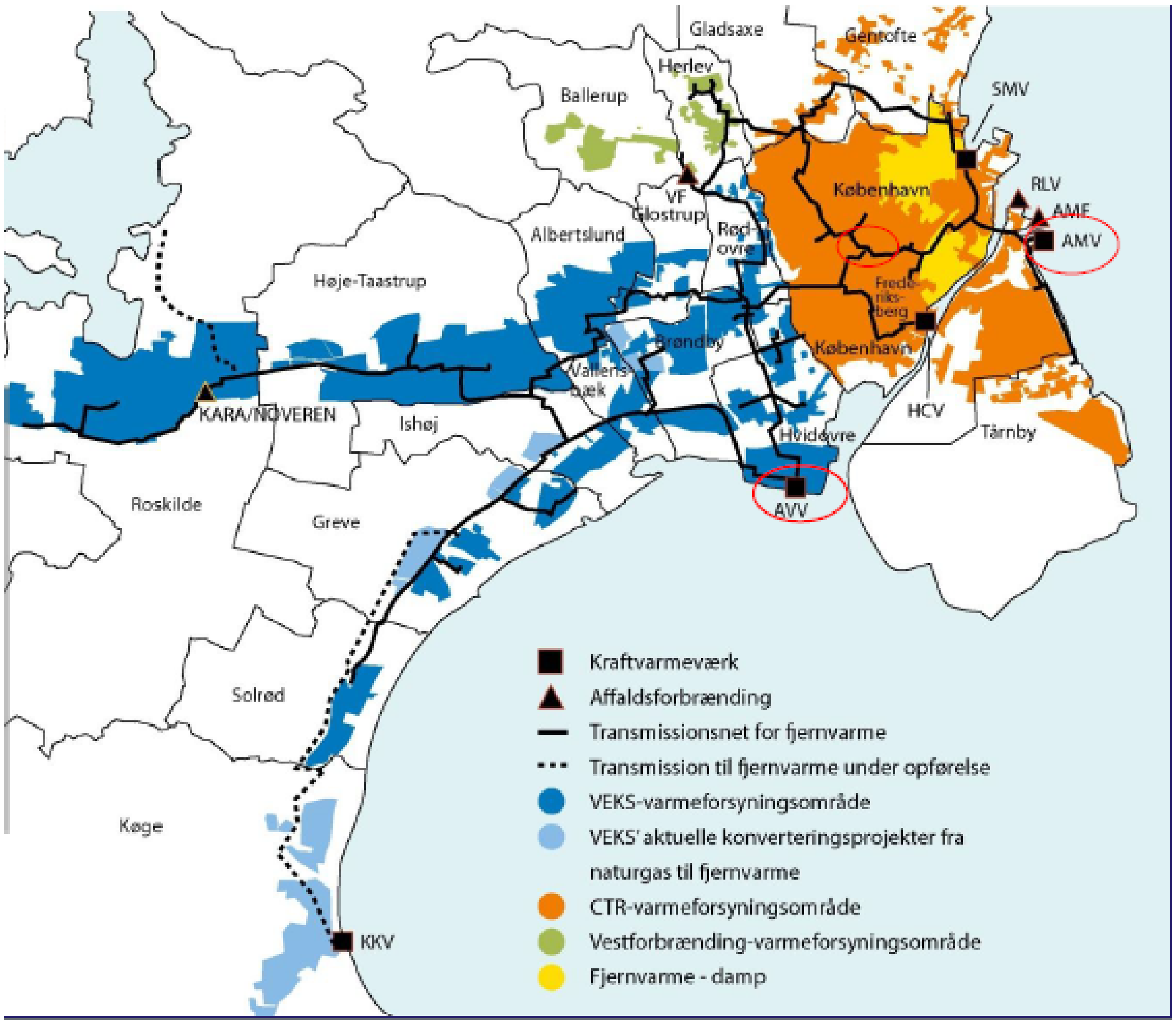
デンマークの事例(5):
自然エネルギー100%島の地域熱供給(サムソ島)

太陽熱プラント(2500m2)

蓄熱槽800m3

	熱供給設備	燃料	規模	事業費
Nordby/Mårup	太陽熱プラント2500㎡・太陽熱蓄熱タンク800㎥・木質チップボイラー900kW	太陽熱・木質チップ	いくつかの大規模消費家も含め、185の消費者	約3億2640万円

デンマークの事例(6):都市部の地域熱供給
コペンハーゲン周辺地域

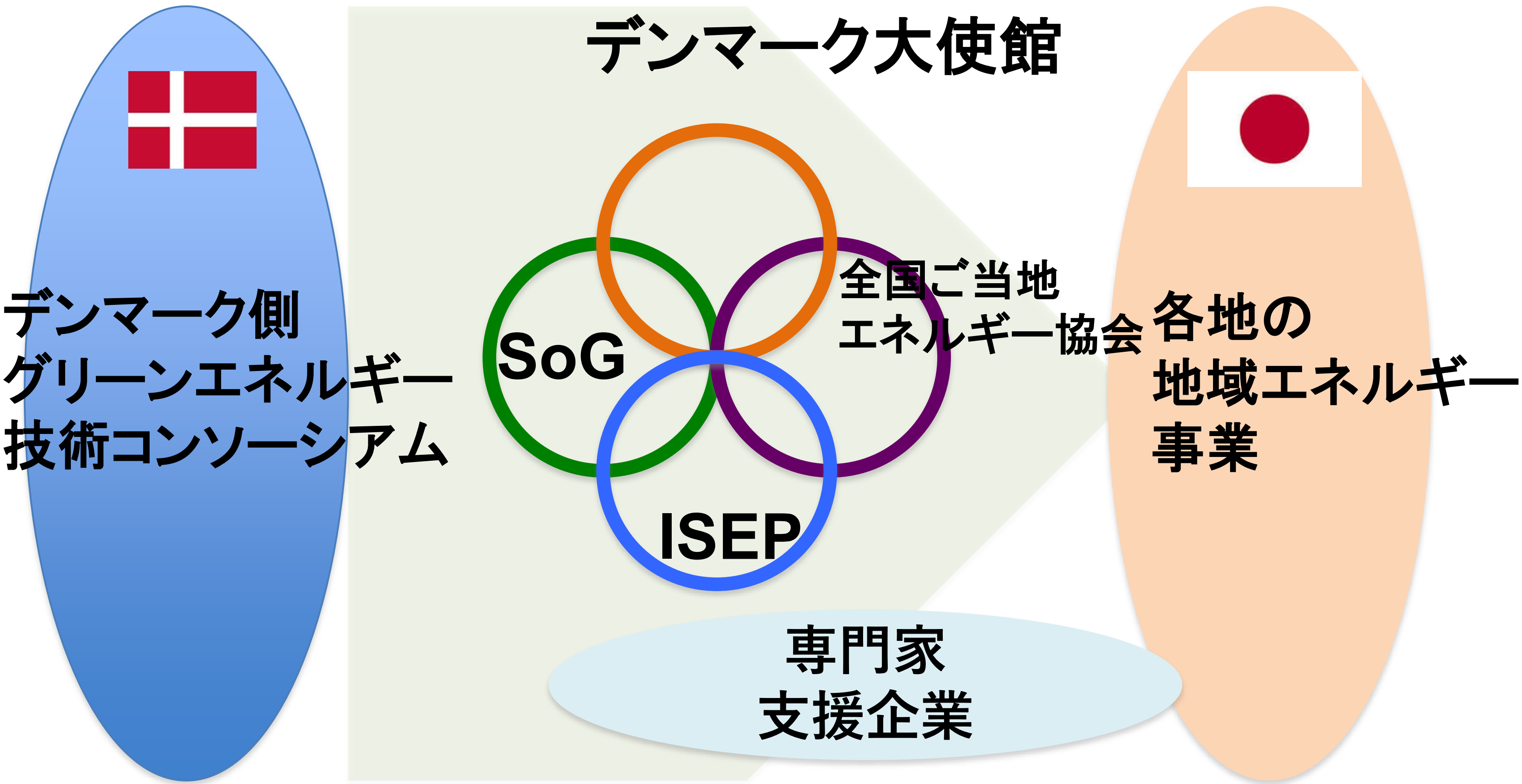


- 17自治体
- 25地域熱供給会社
- 送熱会社：CTR
- ユーザー数：50万人
- 年間熱量：34PJ(9.6TWh)
- デンマーク全体の熱需要の約20%
- コペンハーゲンの熱需要の98%をカバー

出典：CTR資料

デンマーク技術移転プログラム

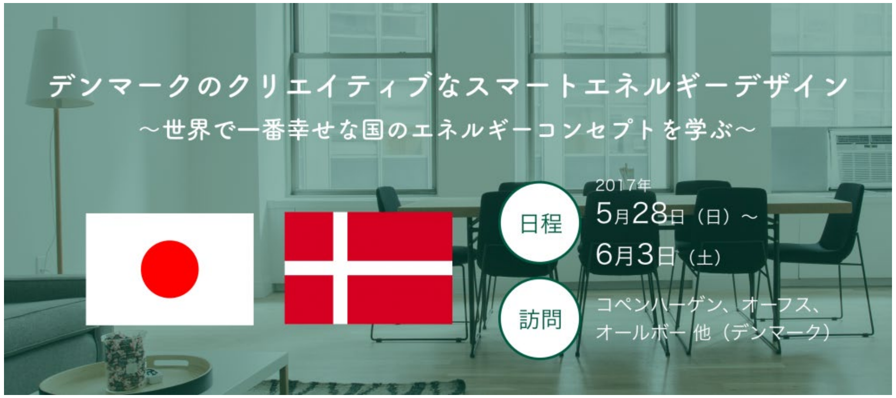
デンマーク官民共同組織(SoG)によるグリーン技術移転促進プログラム



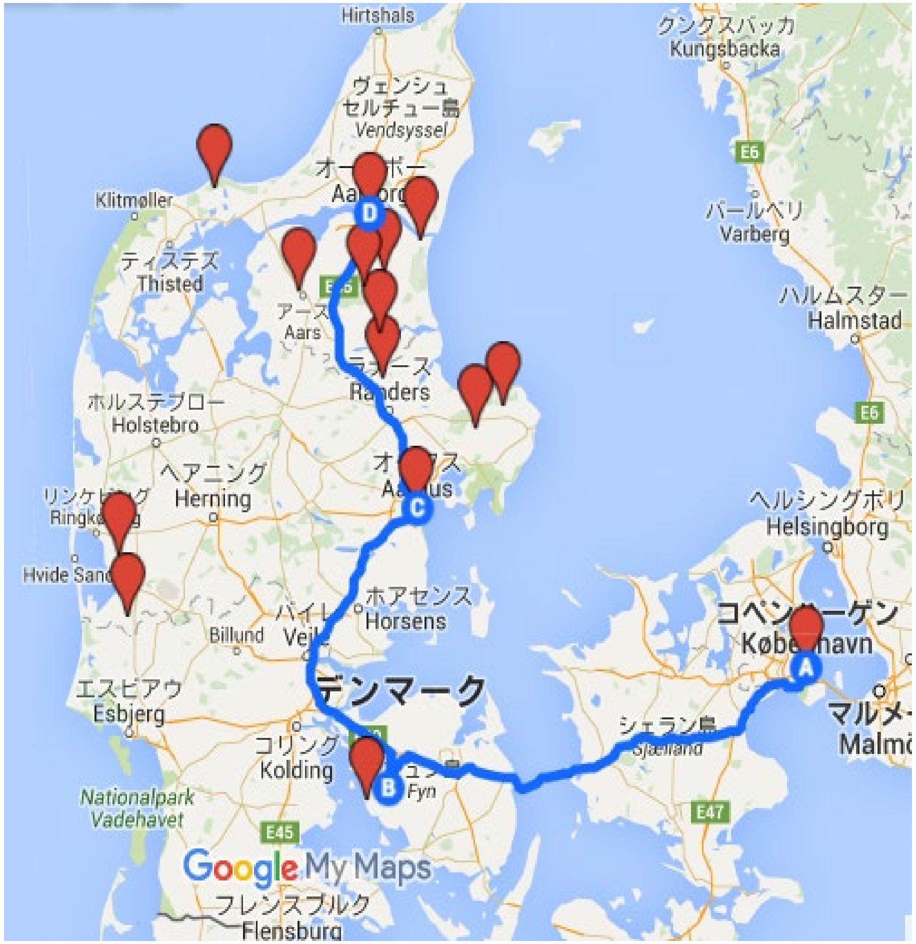
デンマーク視察訪問(地域熱供給、バイオマスエネルギー他)

訪問期間：2015 年９月21 日(日)〜9 月25 日(金)
主催：認定NPO法人環境エネルギー政策研究所　協力：State of Green (デンマーク)
訪問先：デンマーク王国コペンハーゲン市内、オーフス市周辺、オールボー市周辺ほか

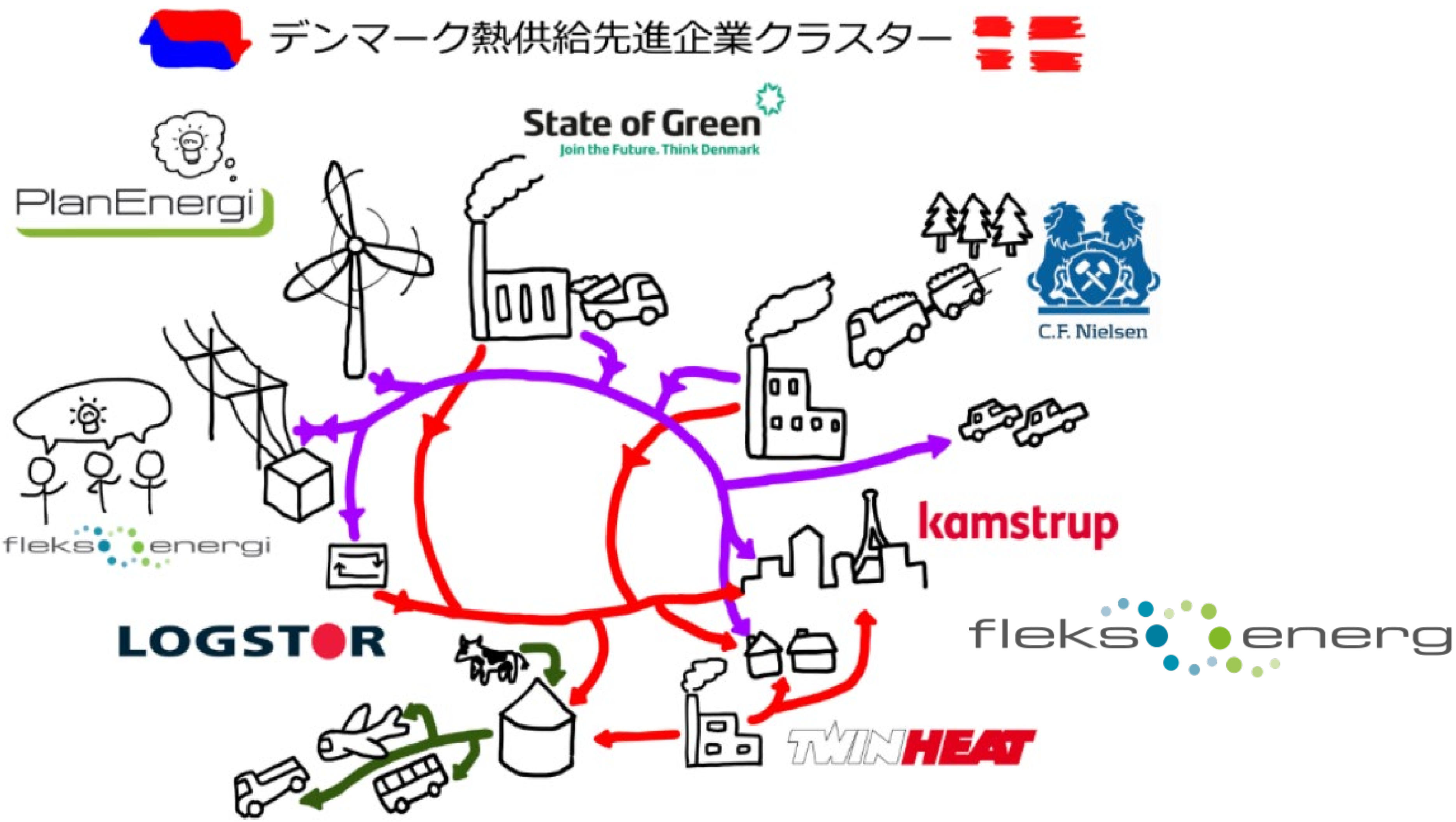
地域熱供給用わらボイラー施設



デンマーク視察訪問：2014年から毎年実施



デンマークの熱供給先進企業クラスター



PlanEnergi社とISEPとの協働

PlanEnergi社は、自然エネルギーの地域エネルギー計画で30年余の歴史を持つ非営利組織で、代表例としてはデンマーク・サムソ島の自然エネルギー100%化の計画から実現まで全てのプロセスを担ってきた

PlanEnergi社とISEPは、双方共に地域エネルギーを支援する志と目的・役割を持つ非営利組織として、2015年7月に包括的な協力協定を締結することで、ISEPのもつ地域エネルギー事業の経験・知見・ネットワークと、PlanEnergi社の経験と技術を組み立てることで、日本への「第4世代地域熱供給」の導入を筆頭に、木質バイオマス・バイオガス・風力発電などデンマークで経験豊富な地域エネルギー事業計画手法を日本に応用してゆく計画・導入・実現化サービスを提供

第4世代地域熱供給フォーラム(4DHフォーラム)

- 自然エネルギーの熱政策の実現や熱利用の普及のための調査・研究・意見交換・交流の場として、ISEPでは、デンマーク関係機関との協力のもとで、関連する研究者・行政・NGOなどで構成される「第4世代地域熱供給フォーラム」(略称：4DHフォーラム)を2018年10月に立ち上げた。
- パリ協定に基づく欧州の熱戦略やロードマップに基づく第4世代地域熱供給の知見・経験の共有を図るとともに、国内外での会議への参加や研究会・シンポジウムを開催し、国内での自然エネルギー熱利用普及のためのネットワーク形成を目指す。

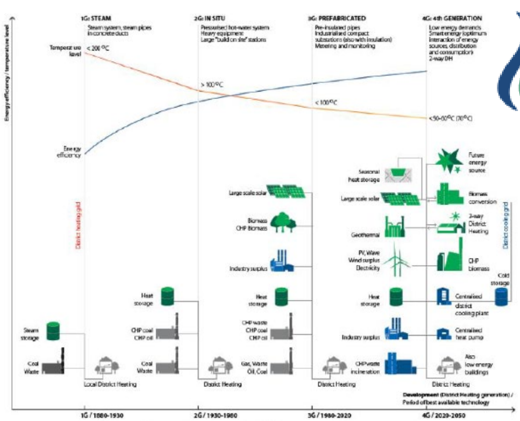
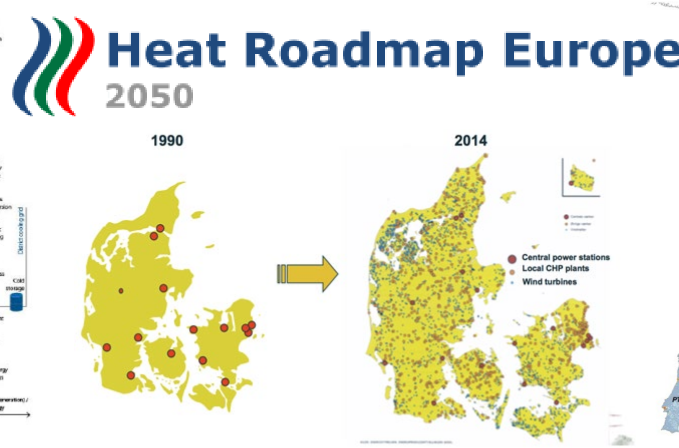
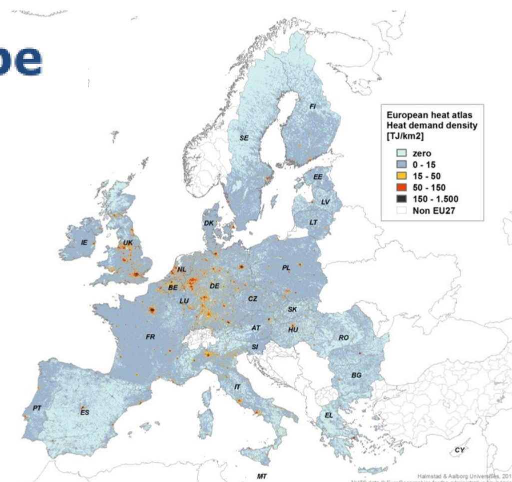


Fig. 2. Illustration of the concept of 4th Generation District Heating in comparison to the previous three generations.





4DHフォーラム：主な活動内容と目標

- 2018年度の4DHフォーラムの活動として関係者による研究会の開催や関連する国際会議(主に欧州)への出席、企業・自治体・一般向けのシンポジウム等を企画し開催する。
- 今年度からフォーラムを始動し、2019年度にかけて活動を進めて行くため、短期的には二年次に渡る活動期間とする。
- また活動の成果を一定のアウトプットとして一般公開して、多くの関係者が自然エネルギー熱利用の普及のために活動するプラットフォームを構築することを目標とする。

特集ページ: https://www.isep.or.jp/4dh-forum/

- 2018年10月4日：第1回研究会開催
- 2018年11月13日～14日：4DH国際会議(デンマーク・オールボー）
- 2018年12月6日：第2回研究会開催
- 2019年3月14日：第3回研究会＆公開シンポジウム開催予定
- 2019年度：研究会(数回開催予定)
- 2019年9月：デンマーク地域熱供給視察ツアー(予定)
- 2019年9月10～11日：4DH国際会議(デンマーク・コペンハーゲン)参加予定
- 2020年3月：4DH国際会議（日本）開催予定

ご清聴ありがとうございました！

第4世代地域熱供給シンポジウム 2019年3月14日(木)13:30 憲政記念館