

第4世代地域熱供給：資料編

認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

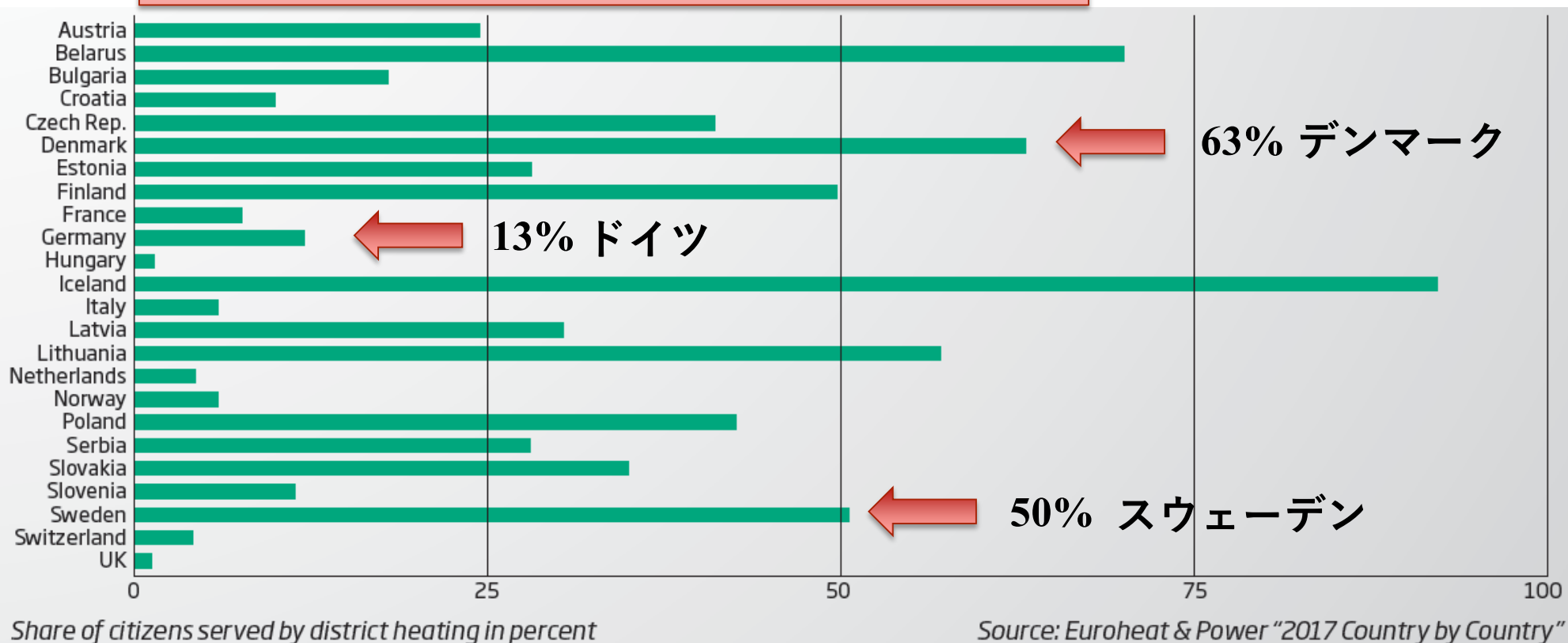
2019年7月25日

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(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



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

デンマークの地域熱供給白書

State of Green 「地域熱供給白書」

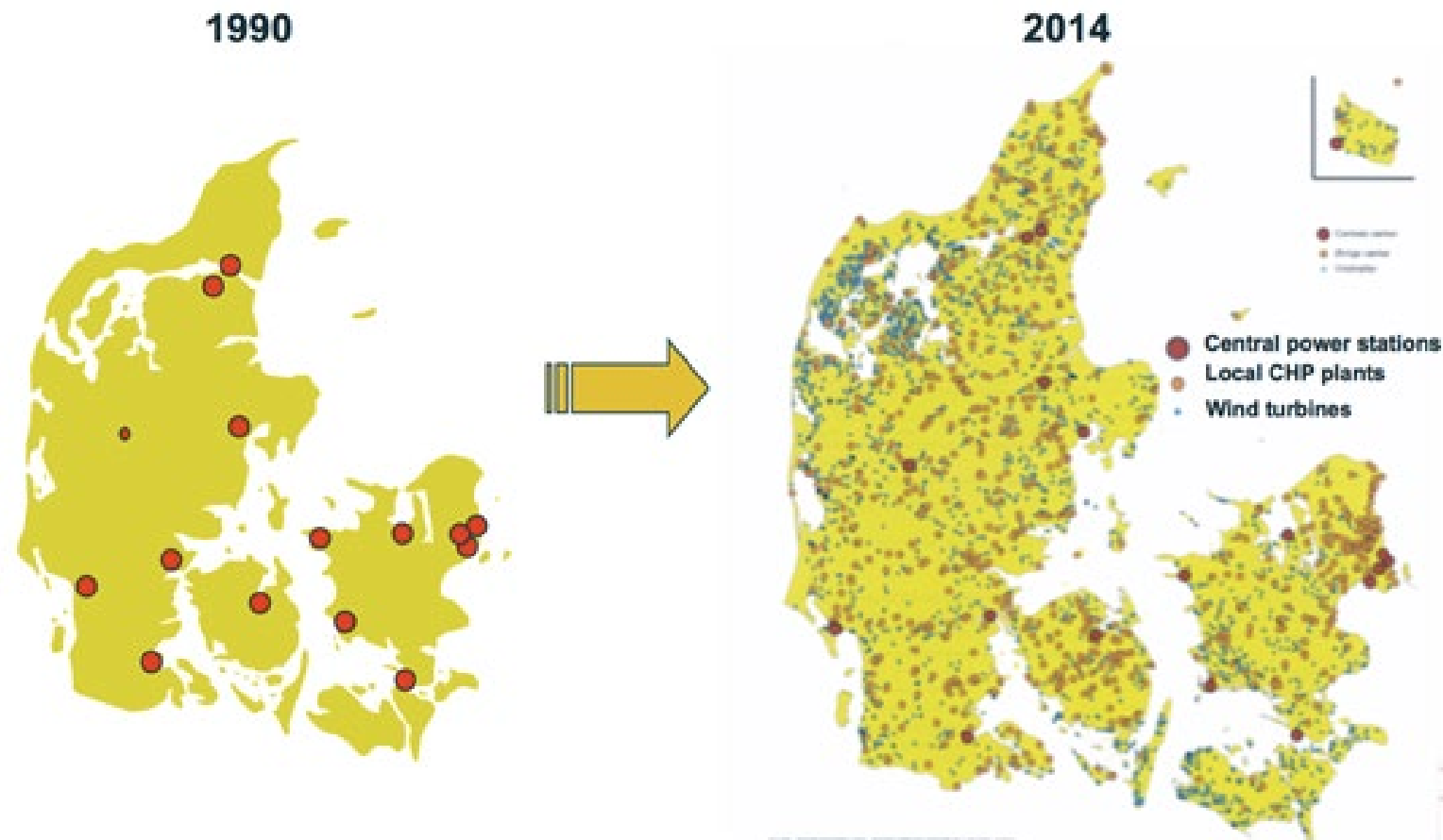
- 地域熱供給の軸：使用燃料の柔軟性と安定供給
- 計画と規制～前提条件：規制プロセス、役割と必須条件
- 熱源の多様化により持続可能性が確保される：エネルギーをスマートに利用するカギ
- 蓄熱の必要性：経済的な節約と安定供給
- 地域熱供給の未来：世界中の可能性の実現

<https://stateofgreen.com/jp/publications/333/>



自然エネルギー100%を目指すデンマーク

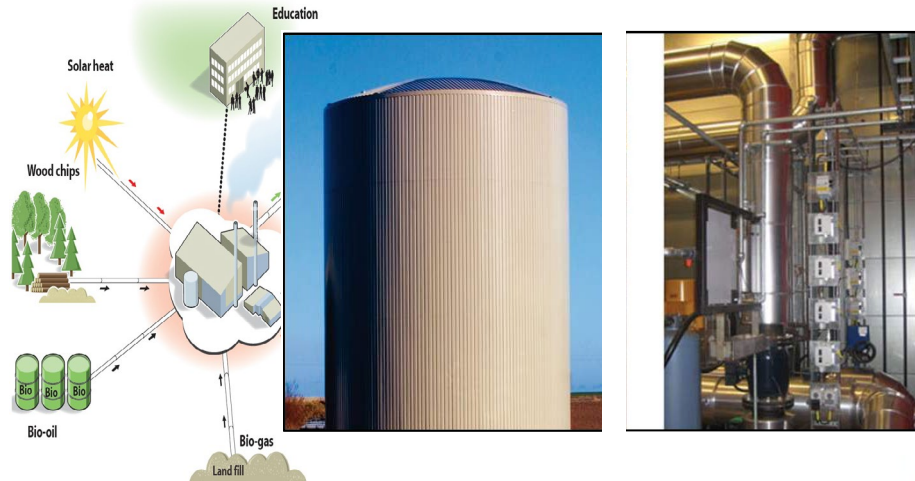
- 1990年代以降、環境を重視したエネルギー政策へ転換し、デカップリングに成功
- 2035年までには発電と熱利用は自然エネルギー100%に移行し、2050年までに化石燃料を使わない社会を目指す(Energy Strategy 2050, 2011年)。



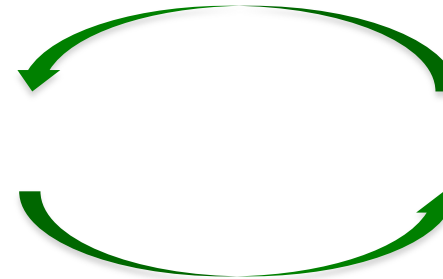
出所： Energinet.dk

デンマークのエネルギーシフト

地域熱供給＋CHP＋HP＋貯湯タンク

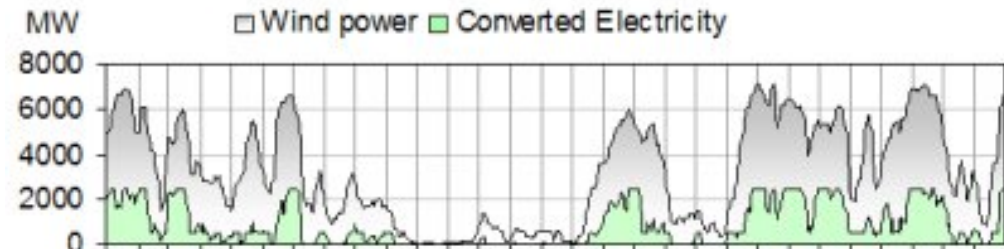


風力発電

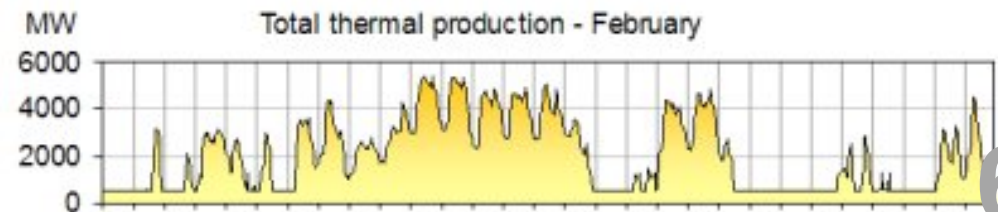


1. 風力の変動を補完するコジェネ
2. 温熱の変動は貯湯
3. 余剰風力を温熱化して貯湯
4. 余剰風力で風力ガス(メタン化)

Wind power and electricity converted to heat - February



Total thermal production - February



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

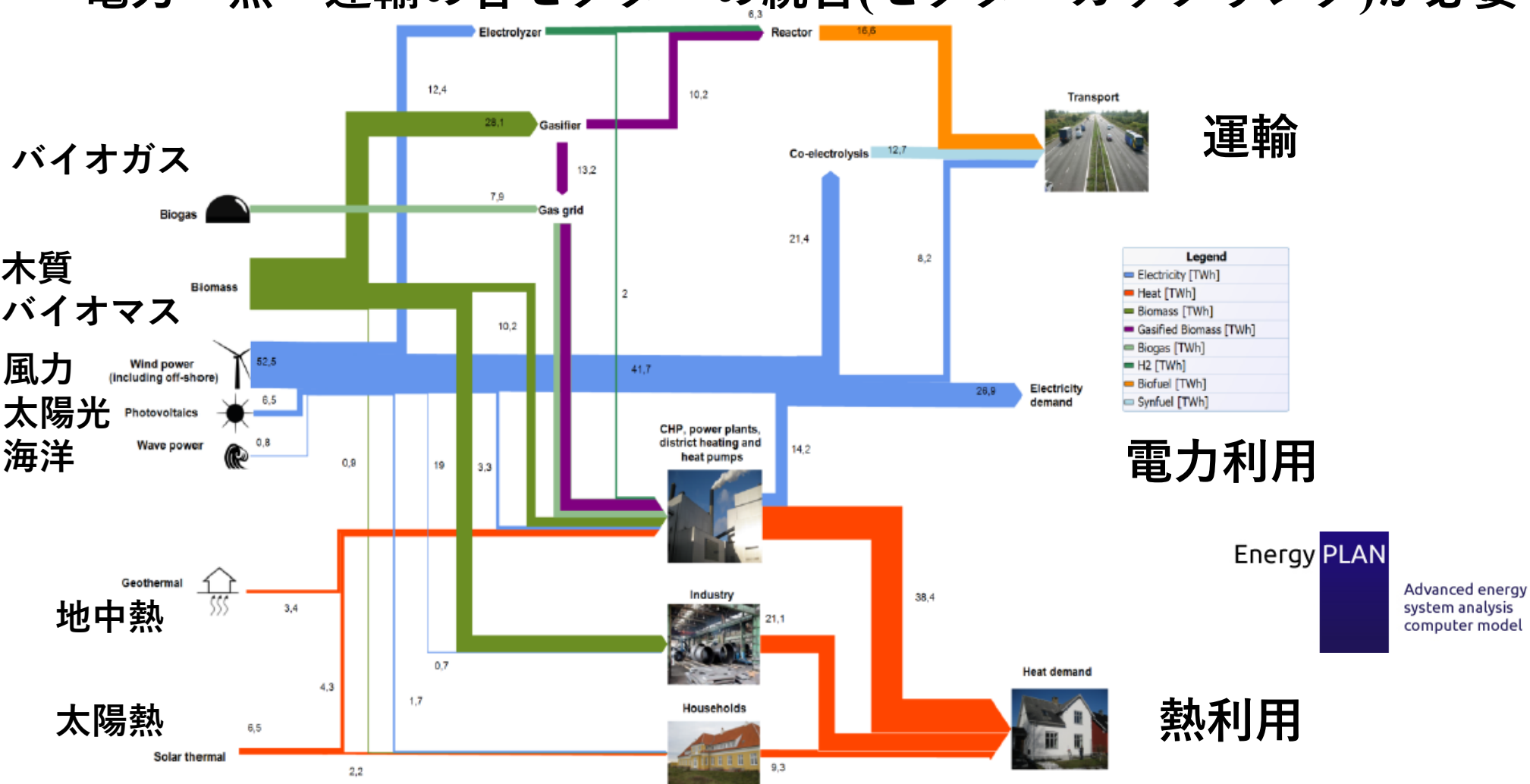
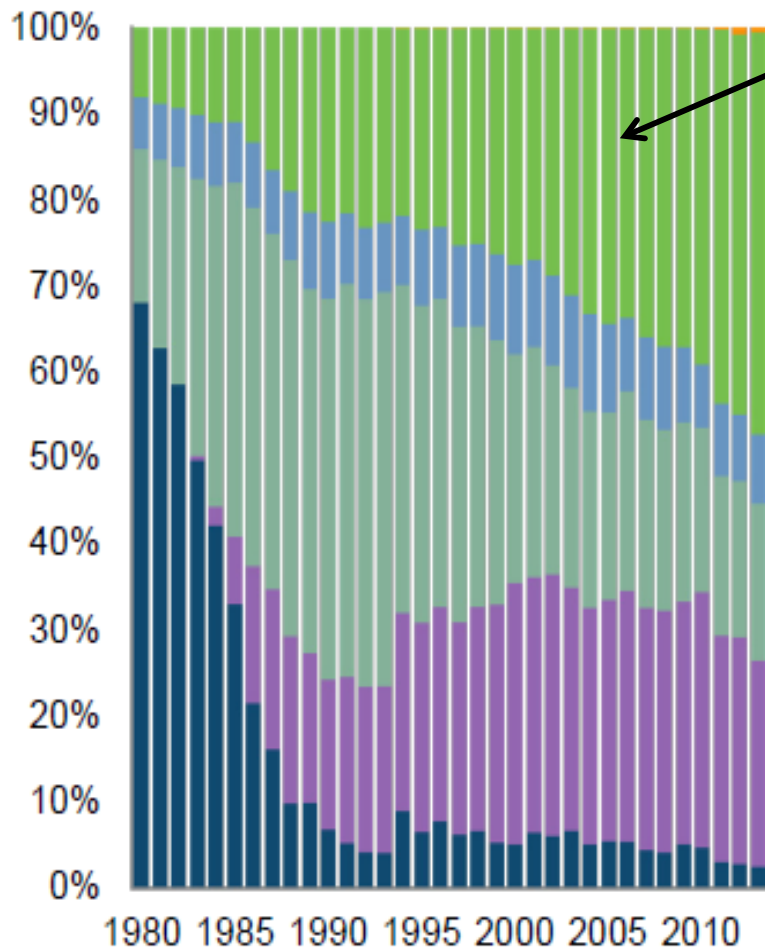


Figure 3.13, Sankey diagram of the CEESA 2050 100 % renewable energy scenario.

デンマークの地域熱供給の歴史

バイオマス等の 自然エネルギー

- 地中熱
ヒートポンプ
- 自然エネルギー
- 廃棄物
(バイオマス以外)
- 石炭
- 天然ガス
- 油



- 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、電気のためのプラントか、太陽熱プラントであり、太陽熱プラントは増えている。

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)。

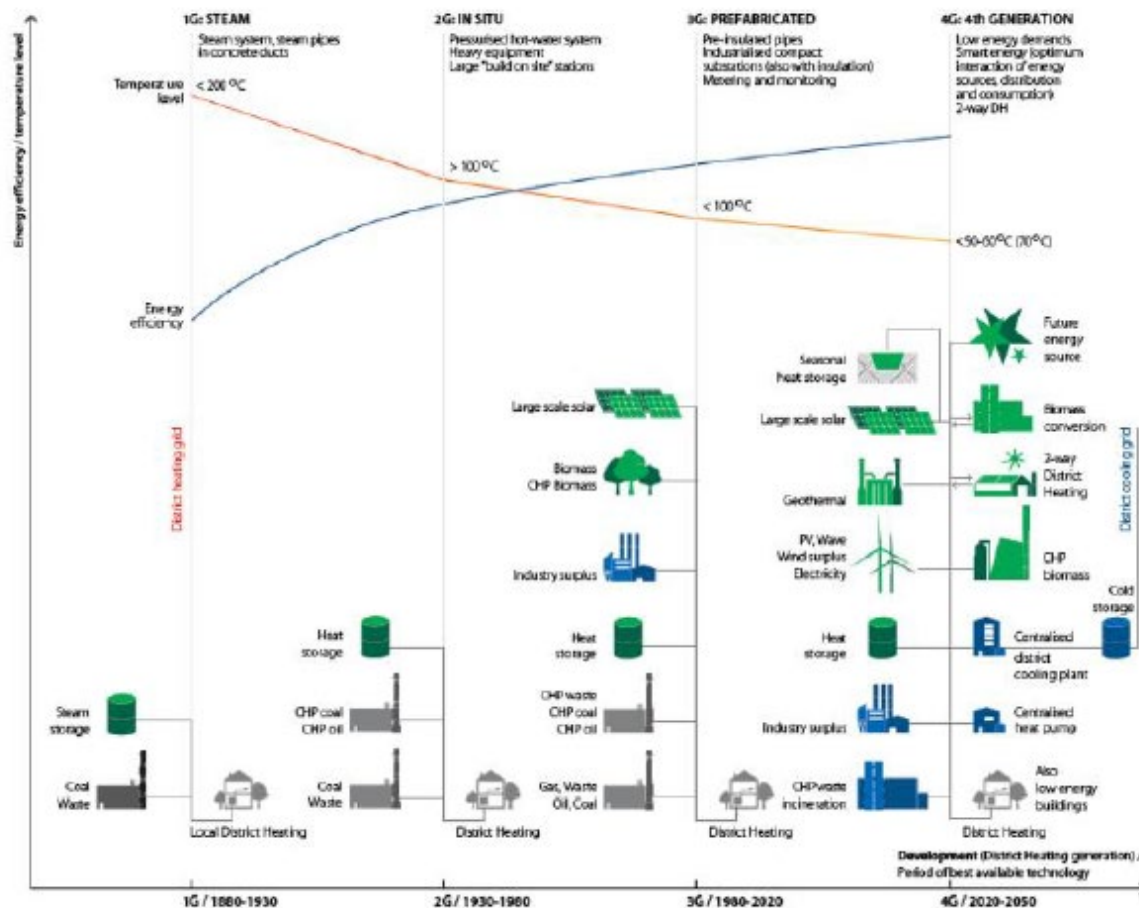


Fig. 2. Illustration of the concept of 4th Generation District Heating in comparison to the previous three generations.

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

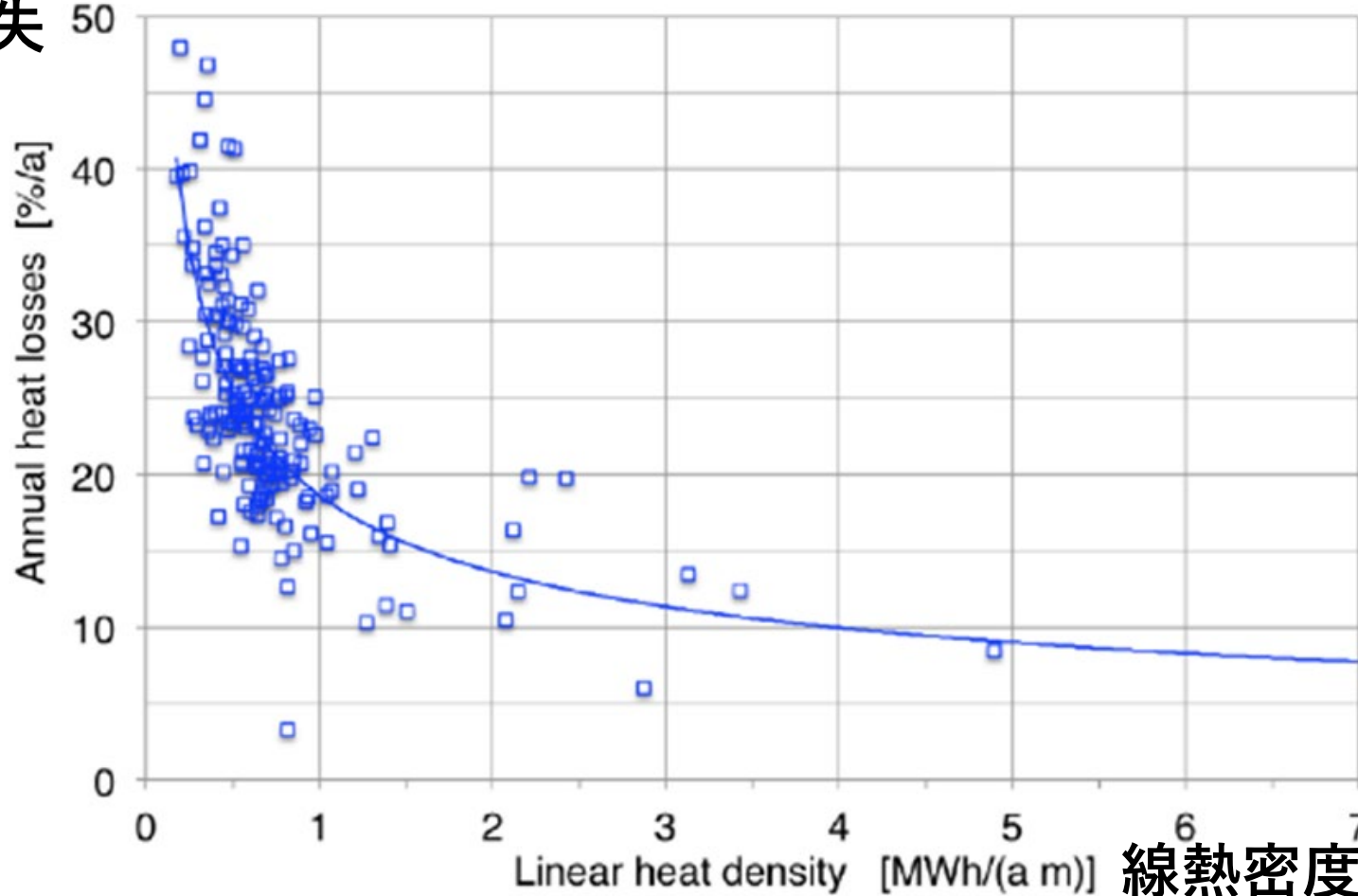
デンマークの第4世代地域熱供給(4DH) その2

	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。

熱損失



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”

Heat Roadmap Europe 2050プロジェクト

Heat Roadmap Europe 2050

<http://www.heatroadmap.eu/>

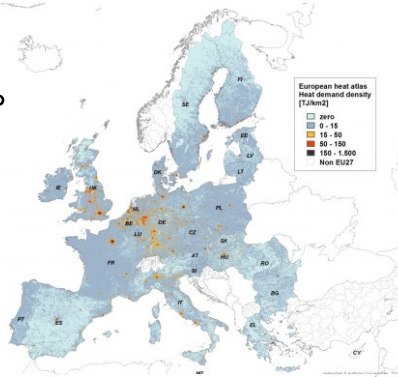


A low-carbon heating and cooling strategy for Europe

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

Energy PLAN

エネルギーシステム The JRC-EU-TIMES
分析 model

Advanced energy
system analysis
computer model

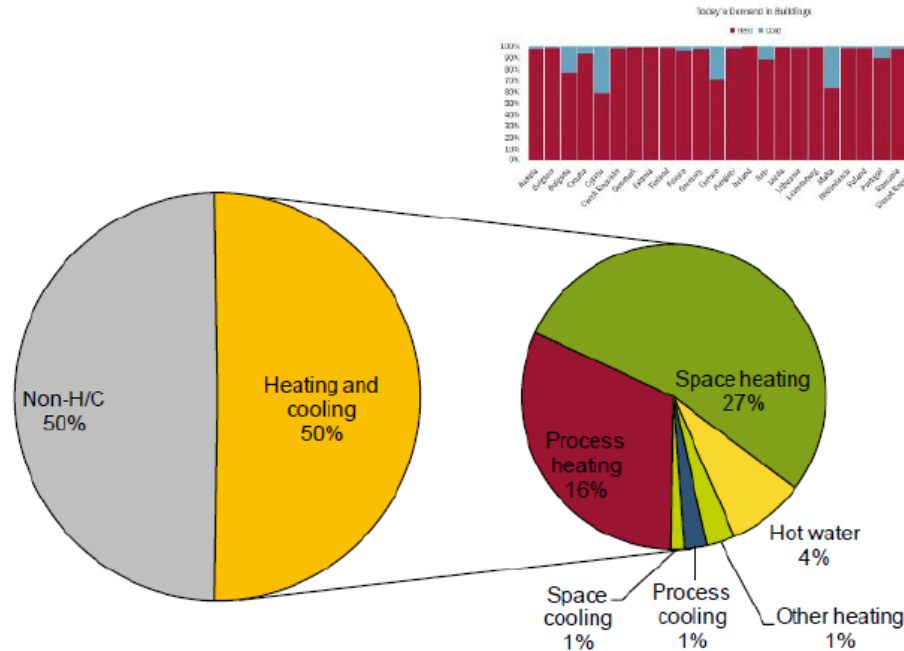
- Build a starting point
- Integrate heat savings
- Comparing network solutions
- Comparing individual heating solutions
- Integrate more excess and renewable heat
- Integrate more renewable electricity in the heating and cooling sectors.
- Optimising and developing Heat Roadmaps



技術モデル分析

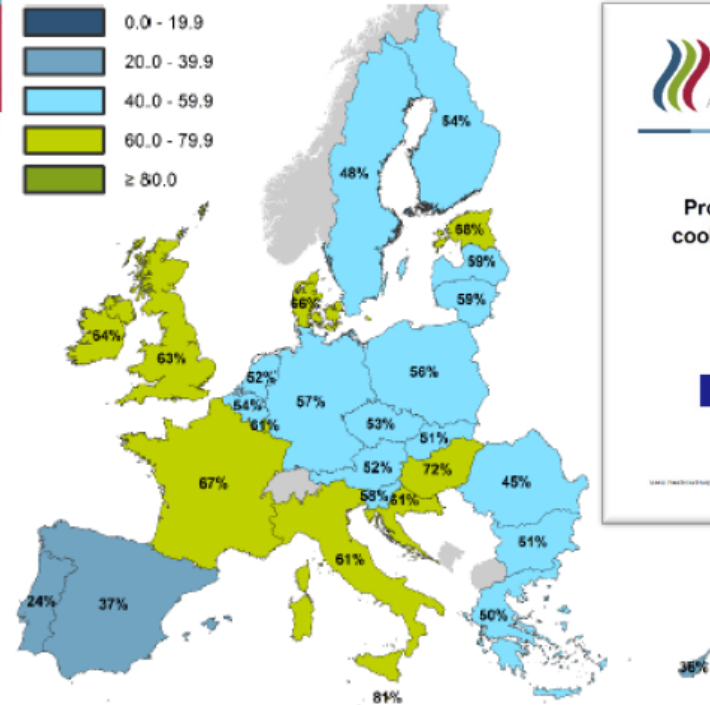
Heat Roadmap Europe (1)熱需要の割合

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

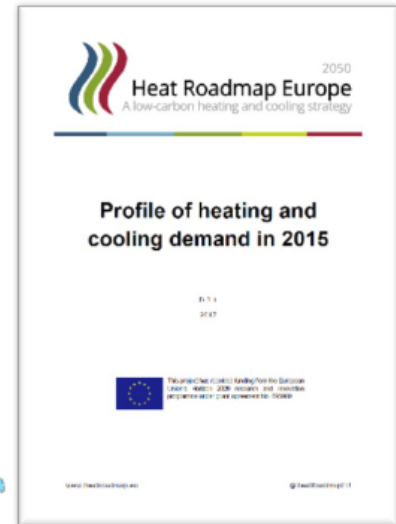


Heating and cooling demand in 2015 in the EU28 by end-use compared to total final energy demand

- 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

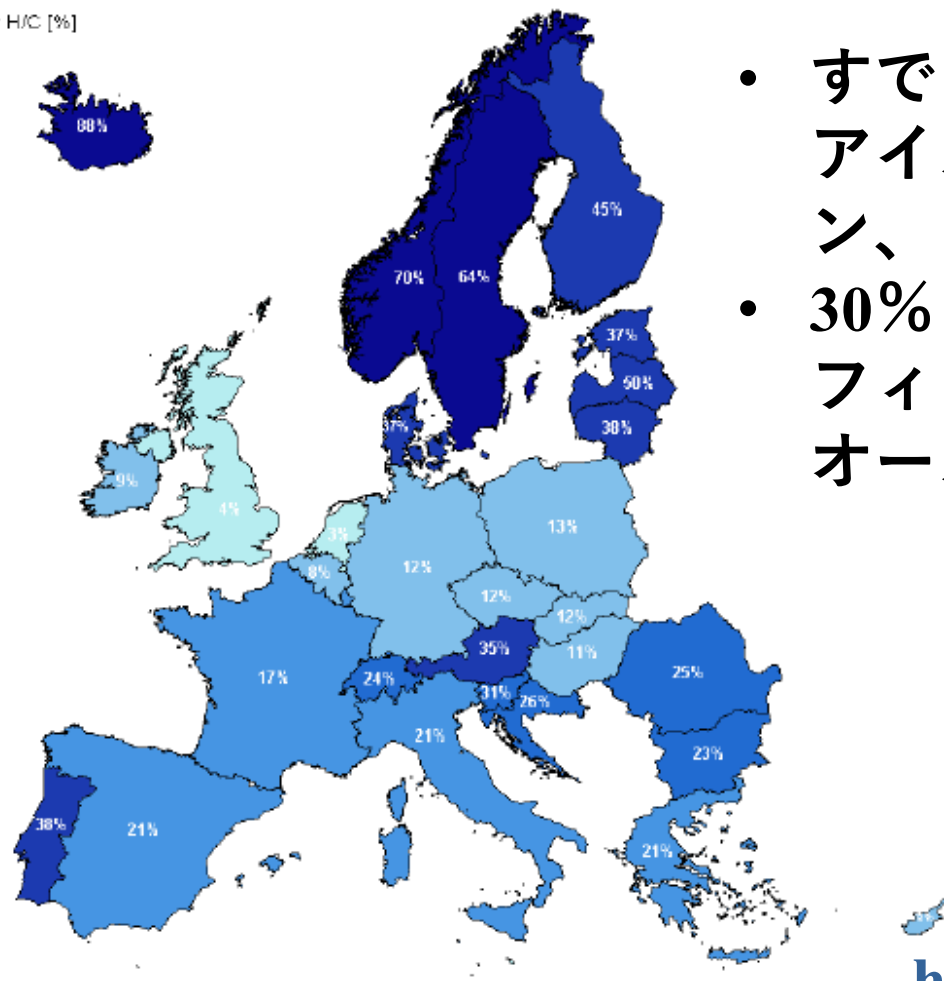
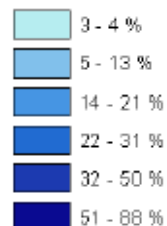


<https://heatroadmap.eu/>

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

Share of RES on primary energy for H/C [%]



- 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

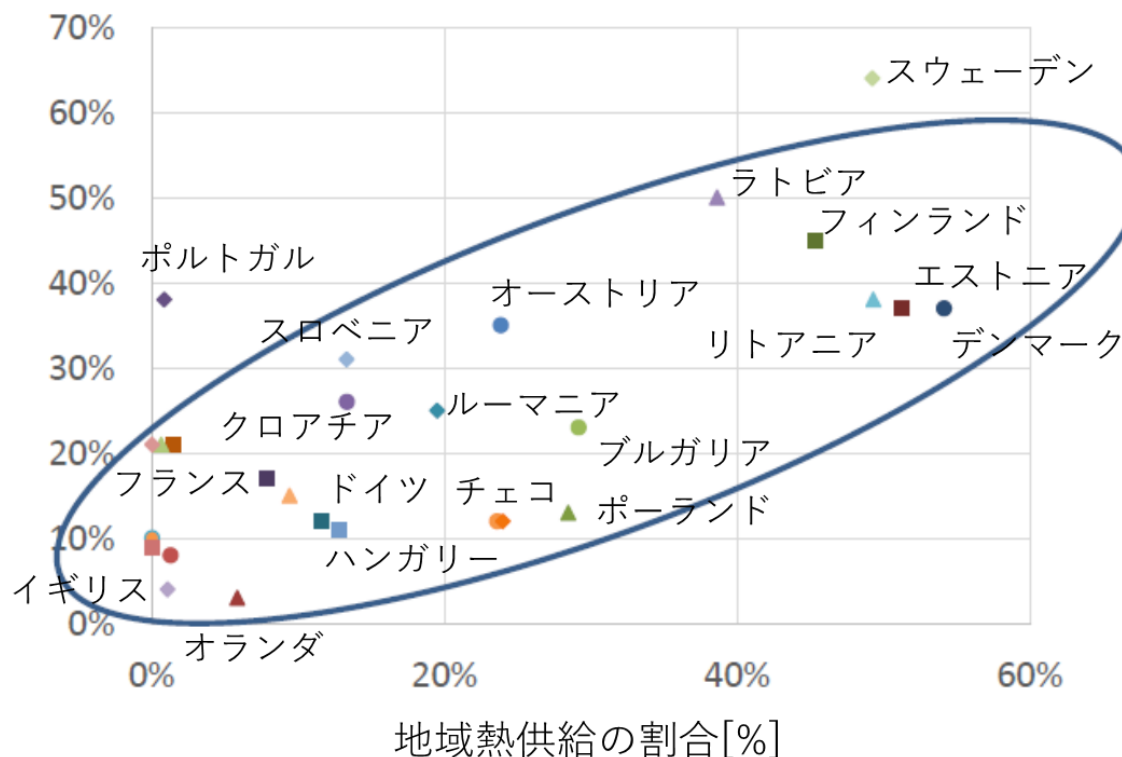
<https://heatroadmap.eu/>

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

自然エネルギー割合 vs. 地域熱供給の割合

熱分野の自然エネルギー割合[%]



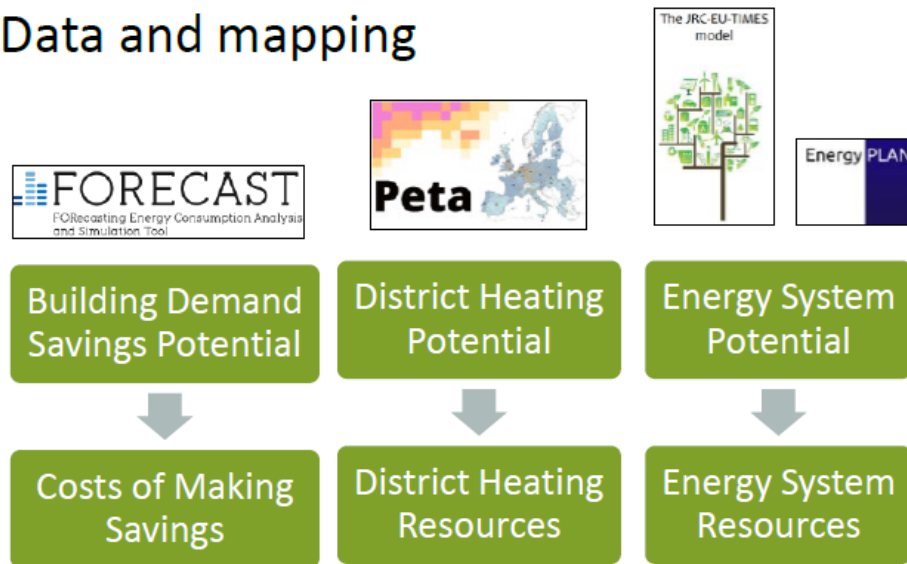
- Austria
- Bulgaria
- Cyprus
- Denmark
- Finland
- Germany
- Hungary
- ▲ Italy
- ▲ Lithuania
- ▲ Malta
- ▲ Poland
- ◆ Romania
- ◆ Slovenia
- ◆ Sweden
- Belgium
- Croatia
- Czech Republic
- Estonia
- France
- Greece
- Ireland
- ▲ Latvia
- ▲ Luxembourg
- ▲ Netherlands
- ◆ Portugal
- ◆ Slovak Republic
- ◆ Spain
- ◆ United Kingdom

<https://heatroadmap.eu/>

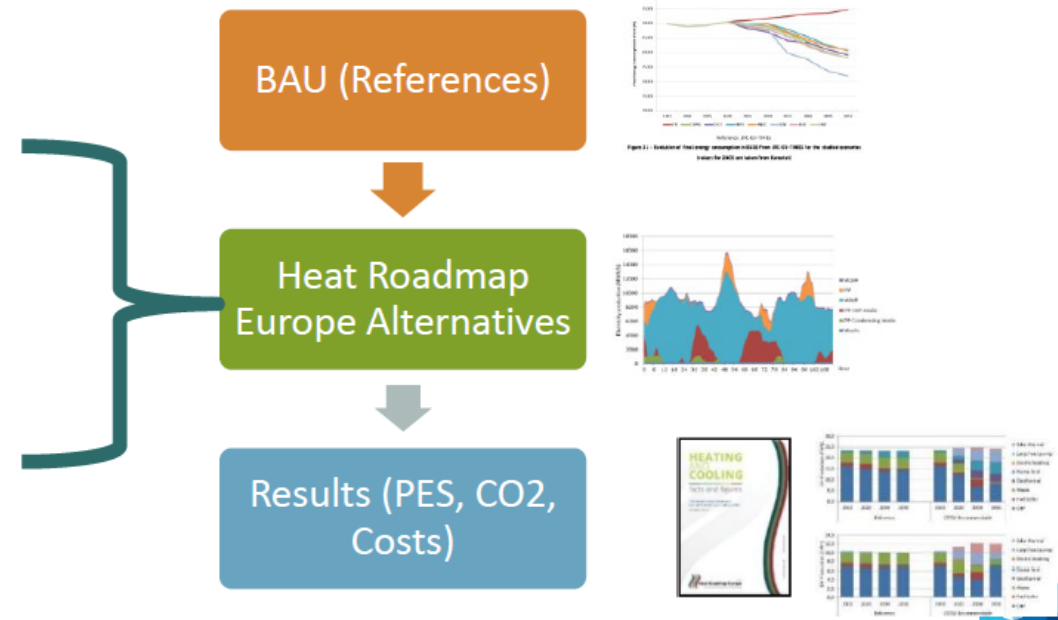
Heat Roadmap Europe(4) EUにおける熱ロードマップ策定手法

- **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

Data and mapping



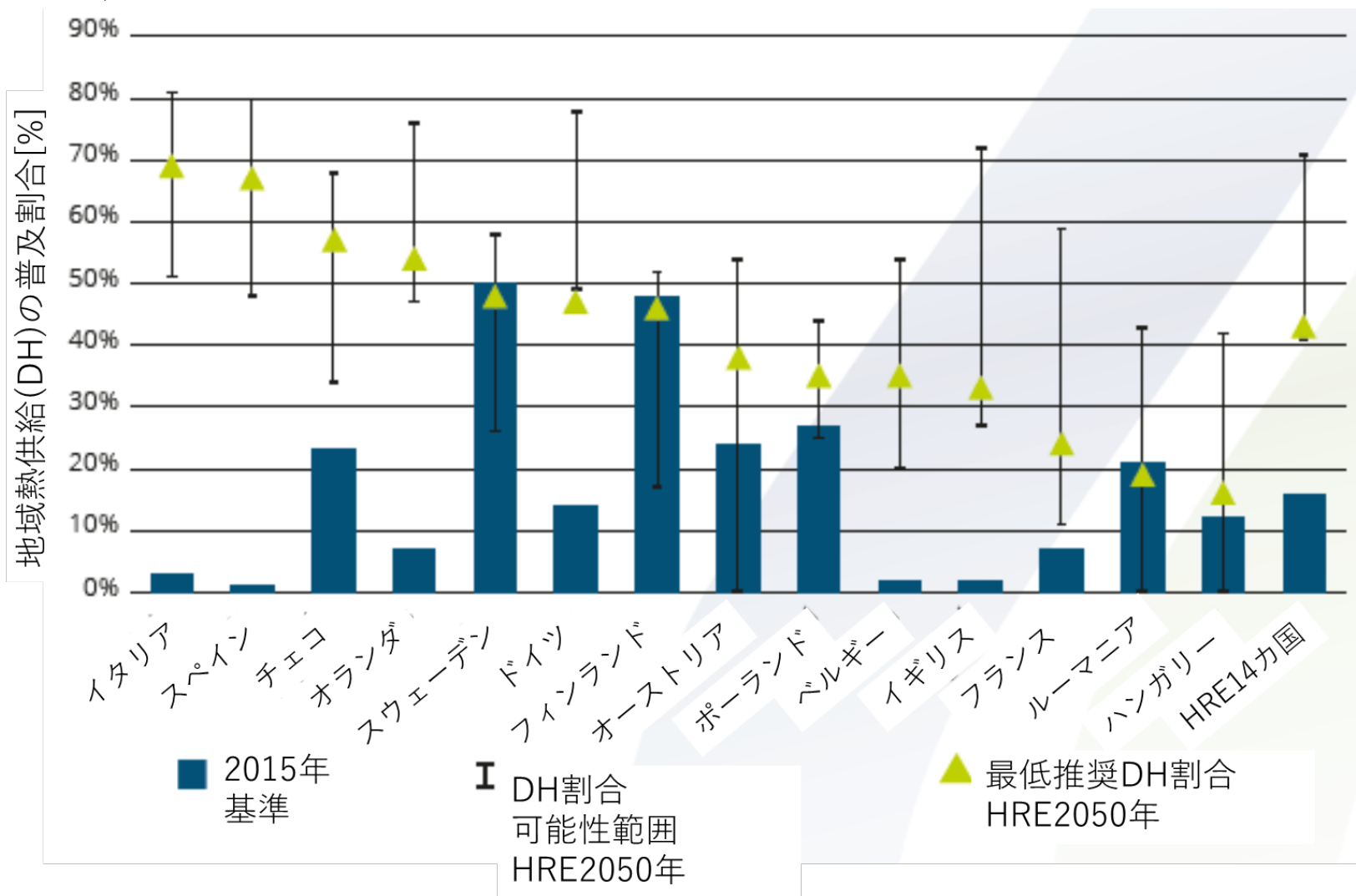
Energy System analyses



<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



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



デンマークの地域熱供給マップ

Dronninglund村

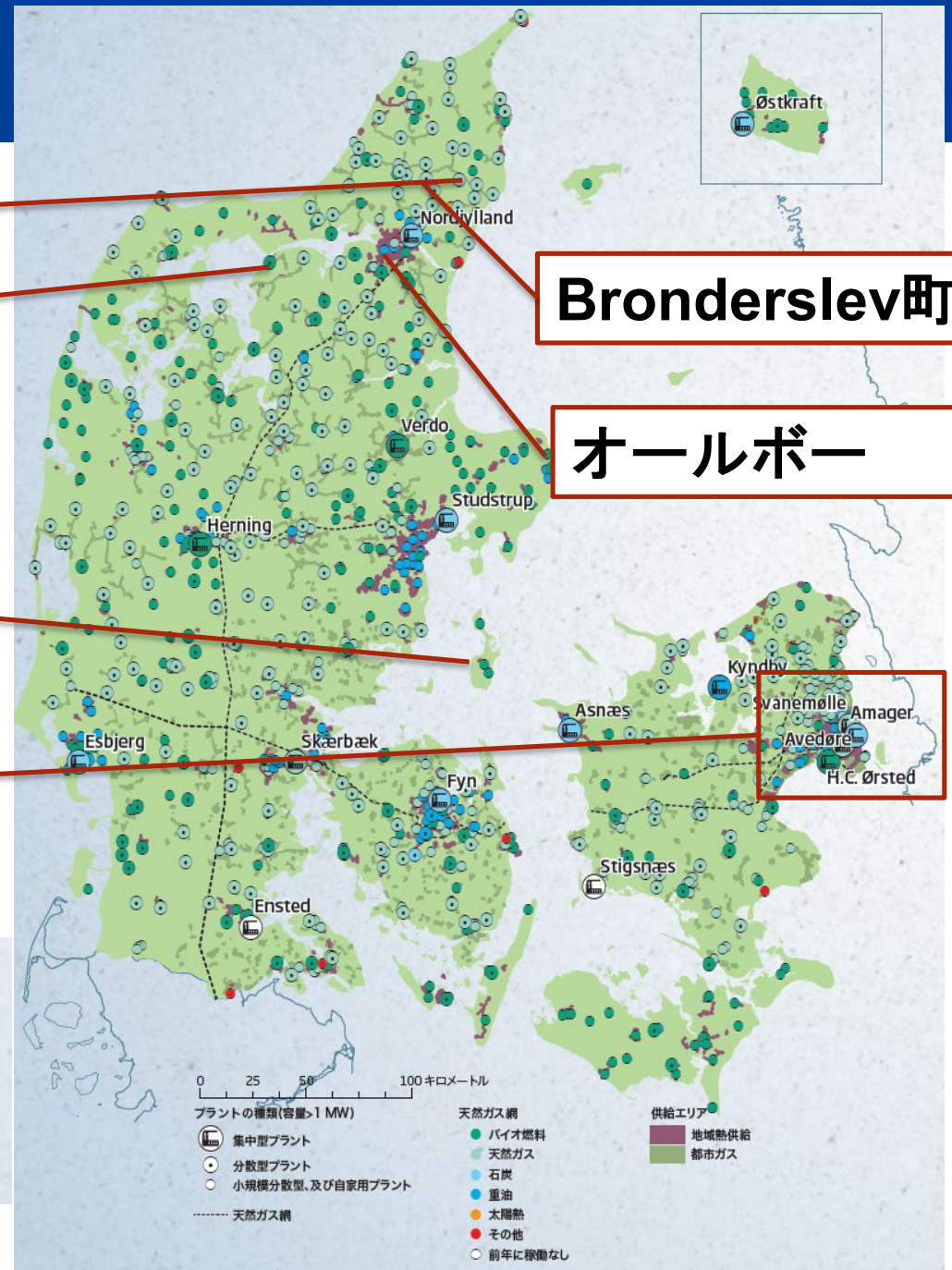
Løgstør町

Nordby/Mårup
(サムソ島)

コペンハーゲン
周辺地域

Brønderslev町

オールボー



プラントの種類(容量>1 MW)

- 集中型プラント
- 分散型プラント
- 小規模分散型、及び自家用プラント

----- 天然ガス網

天然ガス網

- バイオ燃料
- 天然ガス
- 石炭
- 重油
- 太陽熱
- その他
- 前年に稼働なし

供給エリア

- 地域熱供給
- 都市ガス

プラントの種類(容量>1 MW)

- 集中型プラント
- 分散型プラント
- 小規模分散型、及び自家用プラント

----- 天然ガス網

天然ガス網

- バイオ燃料
- 天然ガス
- 石炭
- 重油
- 太陽熱
- その他
- 前年に稼働なし

供給エリア

- 地域熱供給
- 都市ガス

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

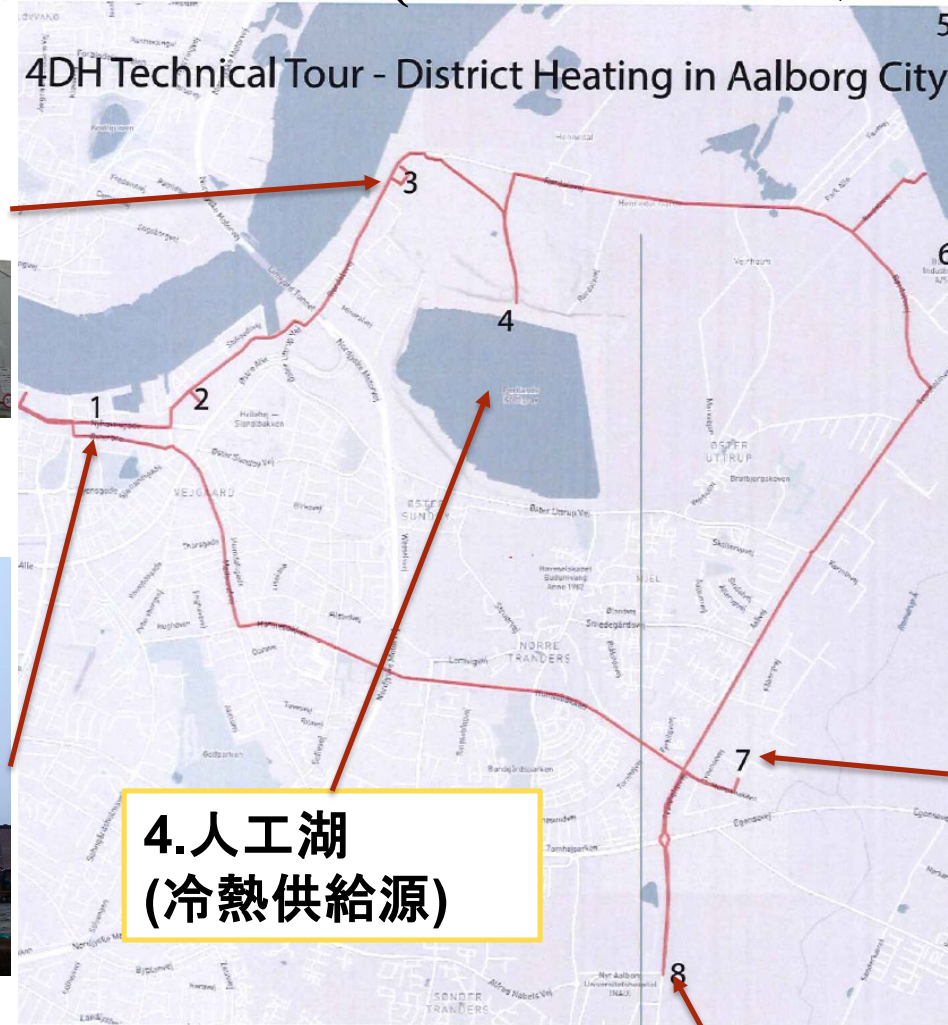
オールボー地域熱供給会社 (34000ユーザー、最大需要800MW)



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



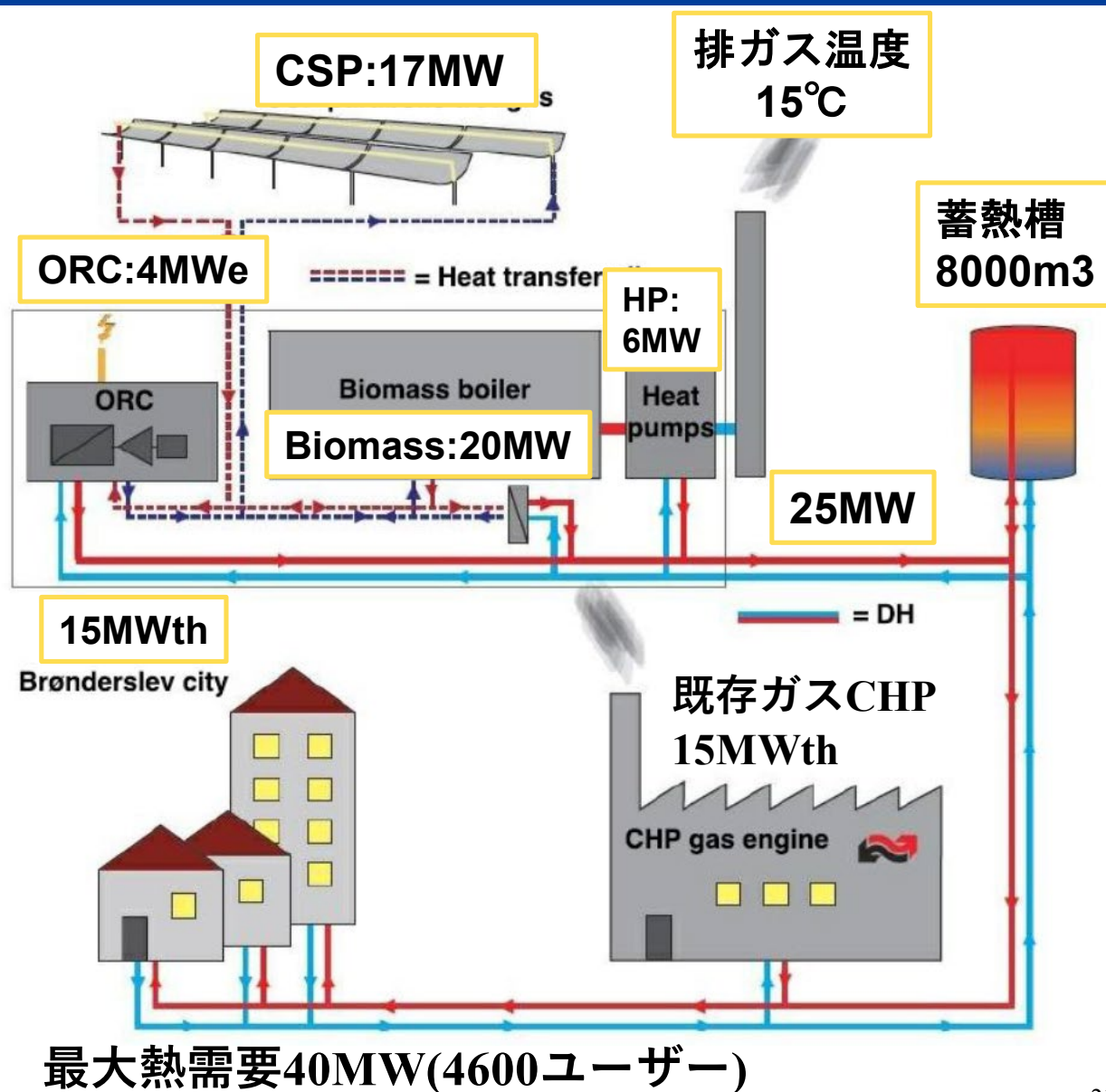
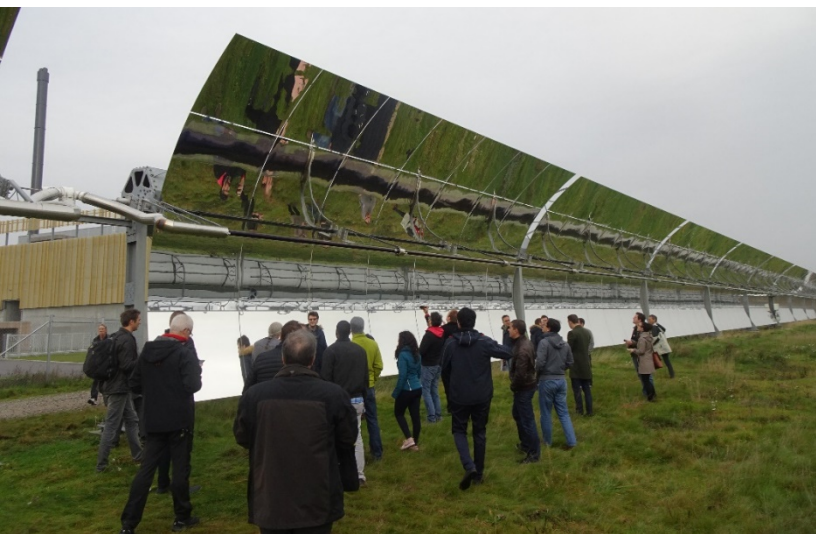
5.石炭火力CHP(500MW)
DHの約50%を供給



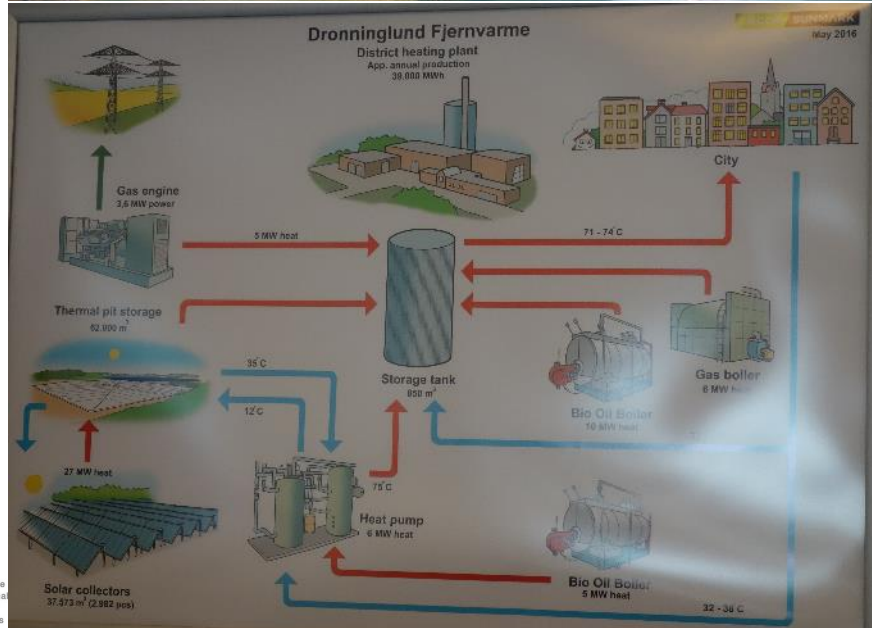
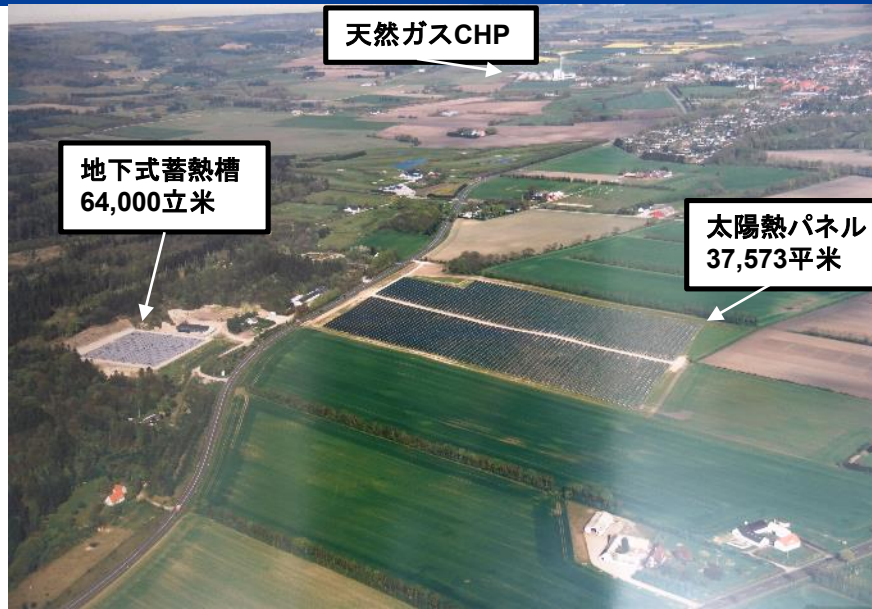
7.廃棄物CHP(60MW)
DHの約25%を供給

8.大学病院
(新規需要先)

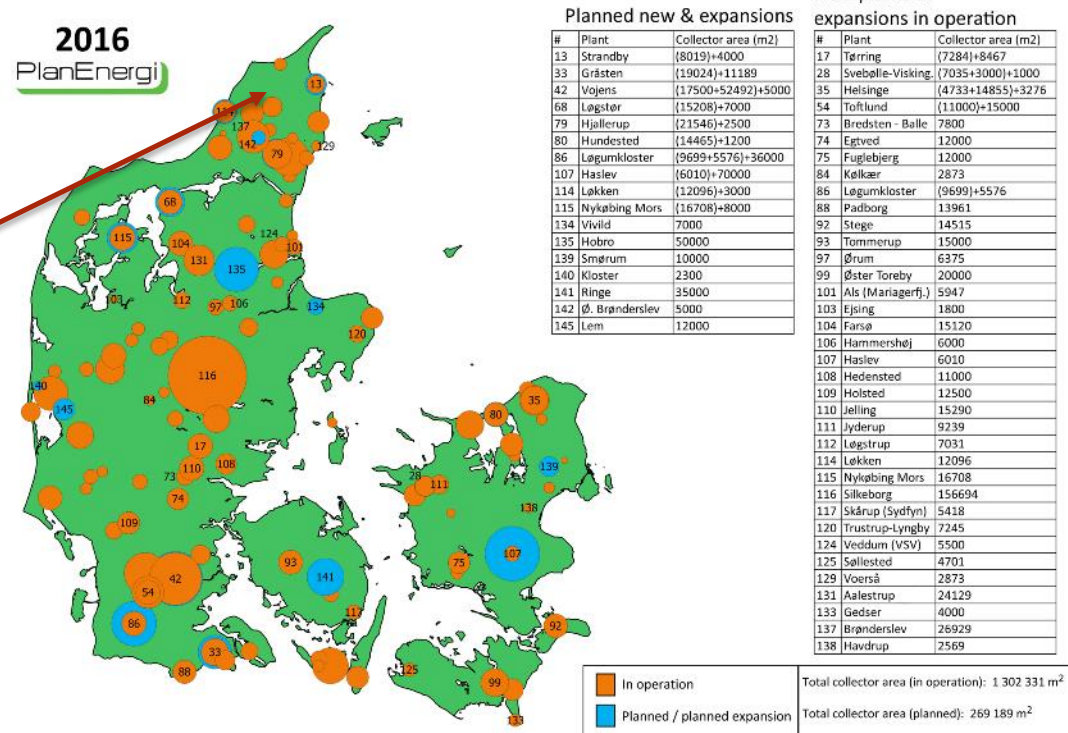
デンマークの事例(2) ORCによるCHPの最新事例 デンマーク北部Brønderslev町でのスマート地域熱供給



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



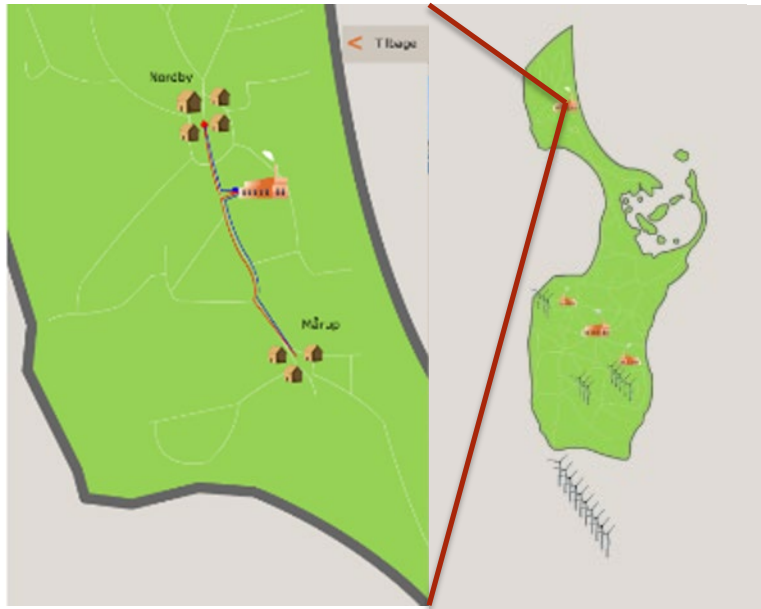
**Dronninglund村(1300世帯)の太陽熱地域熱供給
 運転開始: 2014年
 太陽熱パネル: 37,573平米
 地下式蓄熱槽: 64,000立米
 化石燃料削減率: 40%(目標50%)**

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	1600m ³ × 2基 = 3200 m ³	
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)

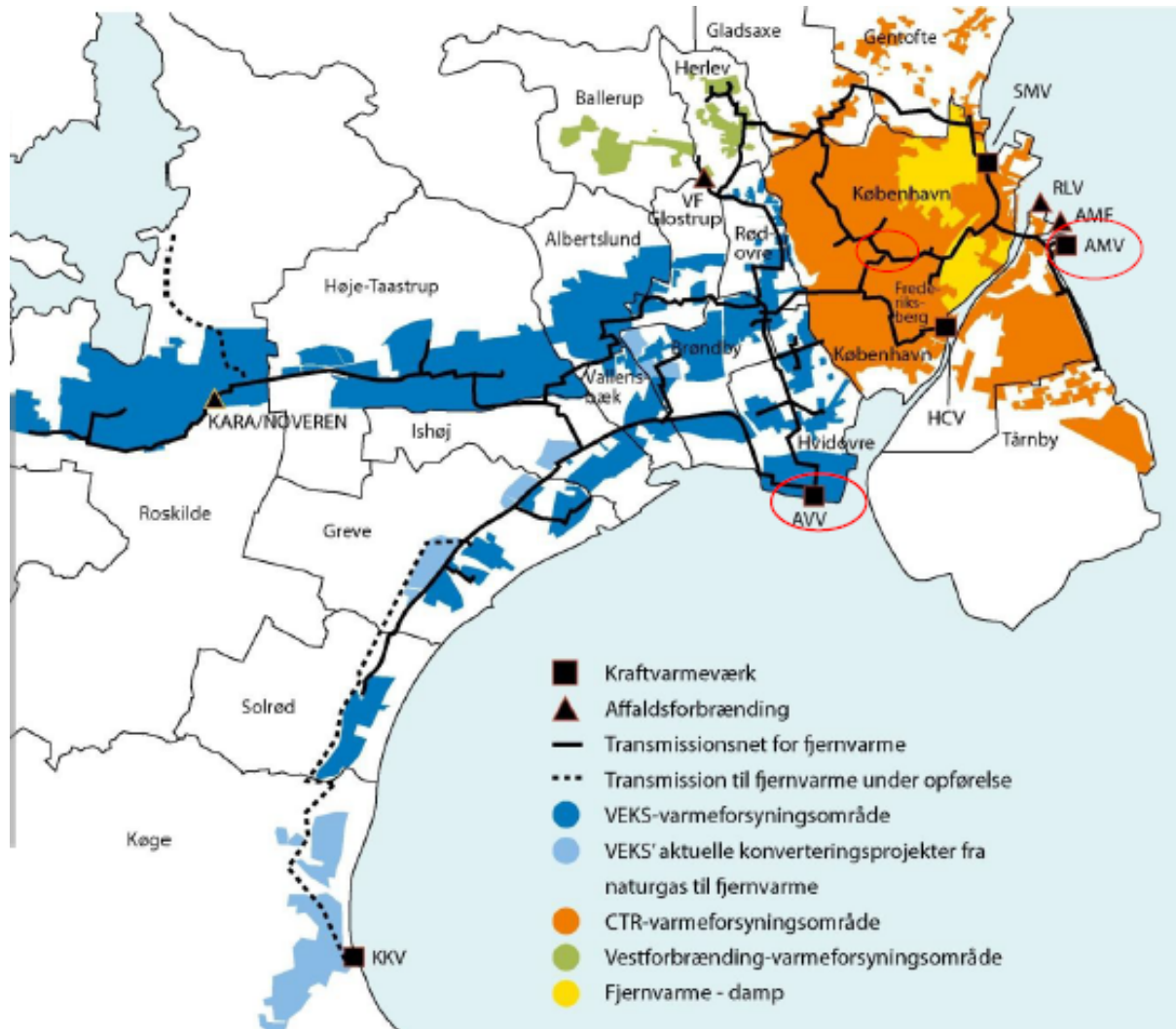


蓄熱槽800m³



	熱供給設備	燃料	規模	事業費
Nordby/Mårup	太陽熱プラント 2500m ² ・太陽熱蓄 熱タンク800m ³ ・ 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

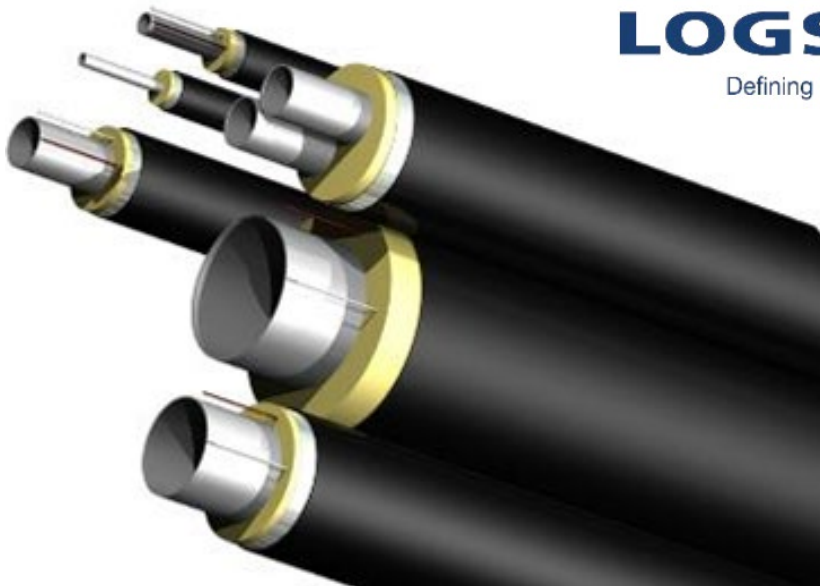


- 17自治体
- 25地域熱供給会社
- 送熱会社：CTR
- ユーザー数：50万人
- 年間熱量：34PJ(9.6TWh)
- デンマーク全体の熱需要の約20%
- コペンハーゲンの熱需要の98%をカバー

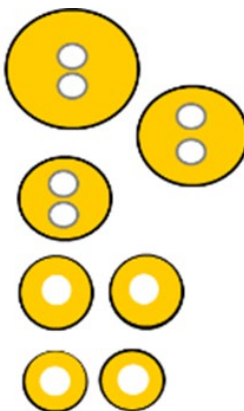
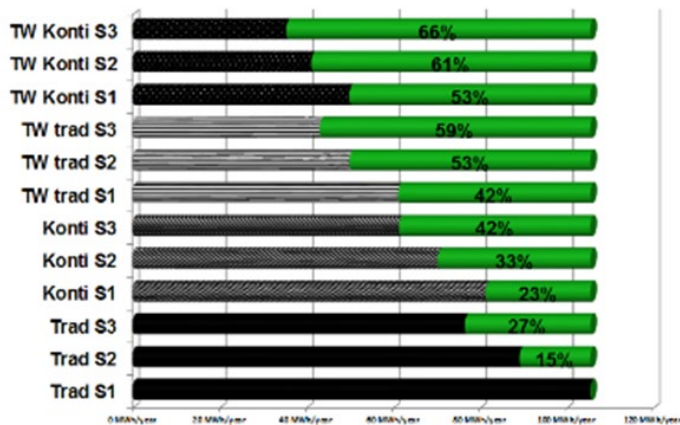
デンマークの地域熱供給を支える技術・製品

地域熱供給の熱導管(LOGSTOR社)

LOGSTOR
Defining network efficiency



ツイン
熱導管



熱の計量メーター(Kamstrup社)

kamstrup



超音波方式

エネルギーバランス分析ツールEnergyPRO

- 発電や熱供給のエネルギープラント設計のためのエネルギーバランス分析ツール(ソフトウェア開発：デンマークEMD社)



EMD International A/S
www.emd.dk

<http://www.emd.dk/energypro/>



energyPRO