

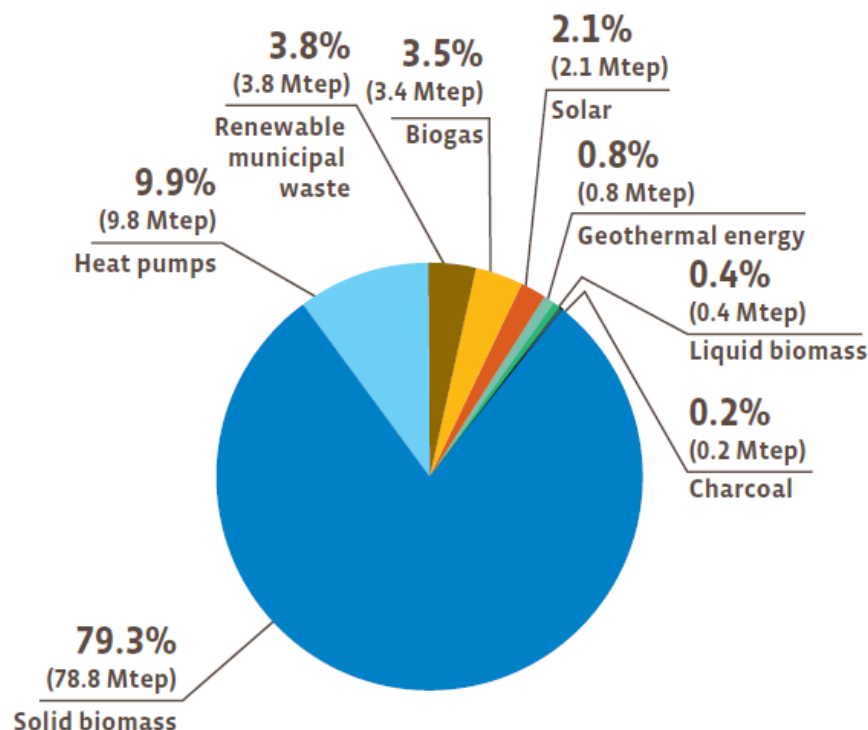
# 第4世代地域熱供給と 自然エネルギーへの転換

認定NPO法人 環境エネルギー政策研究所

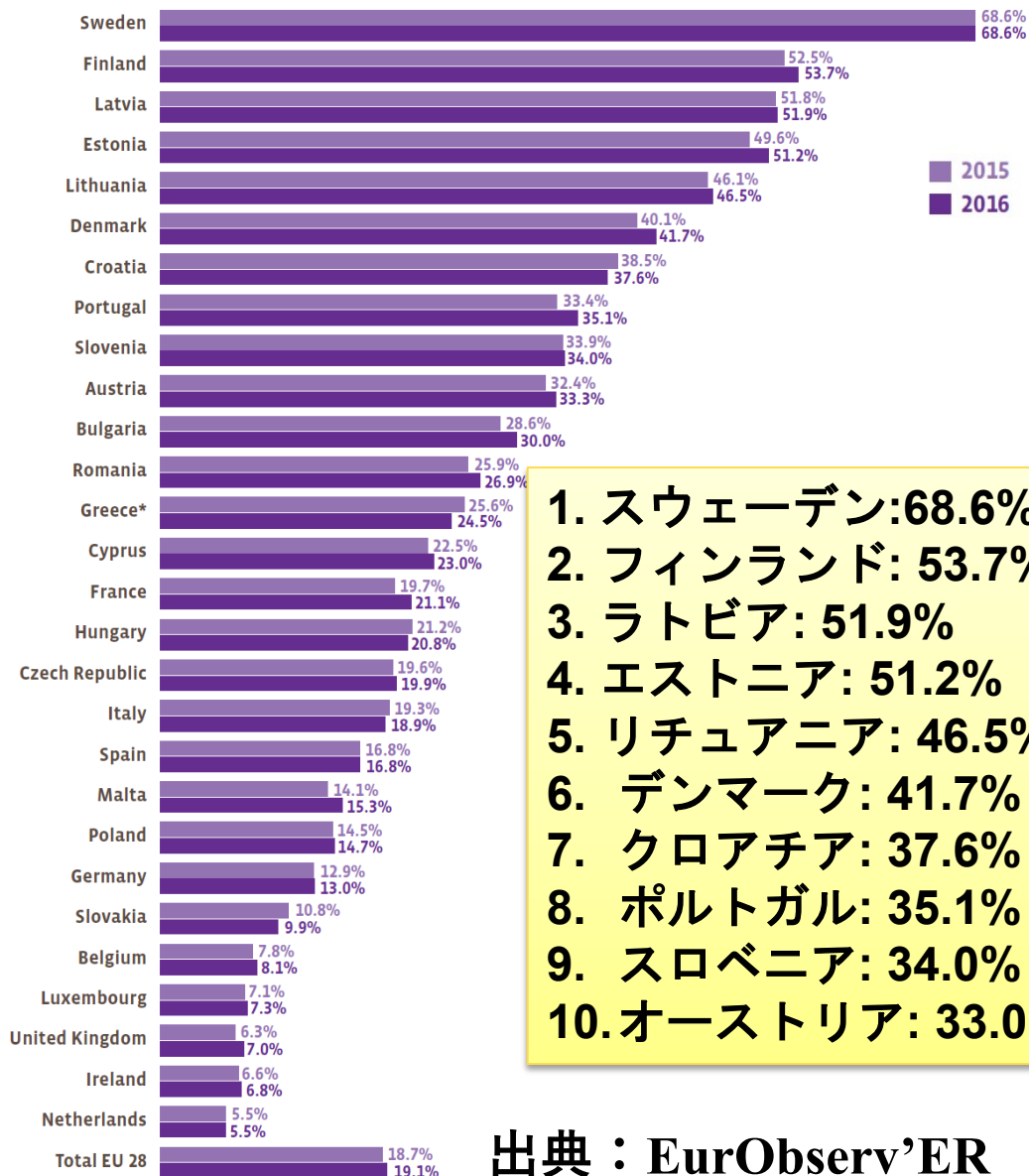
2018年10月4日

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



- 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%

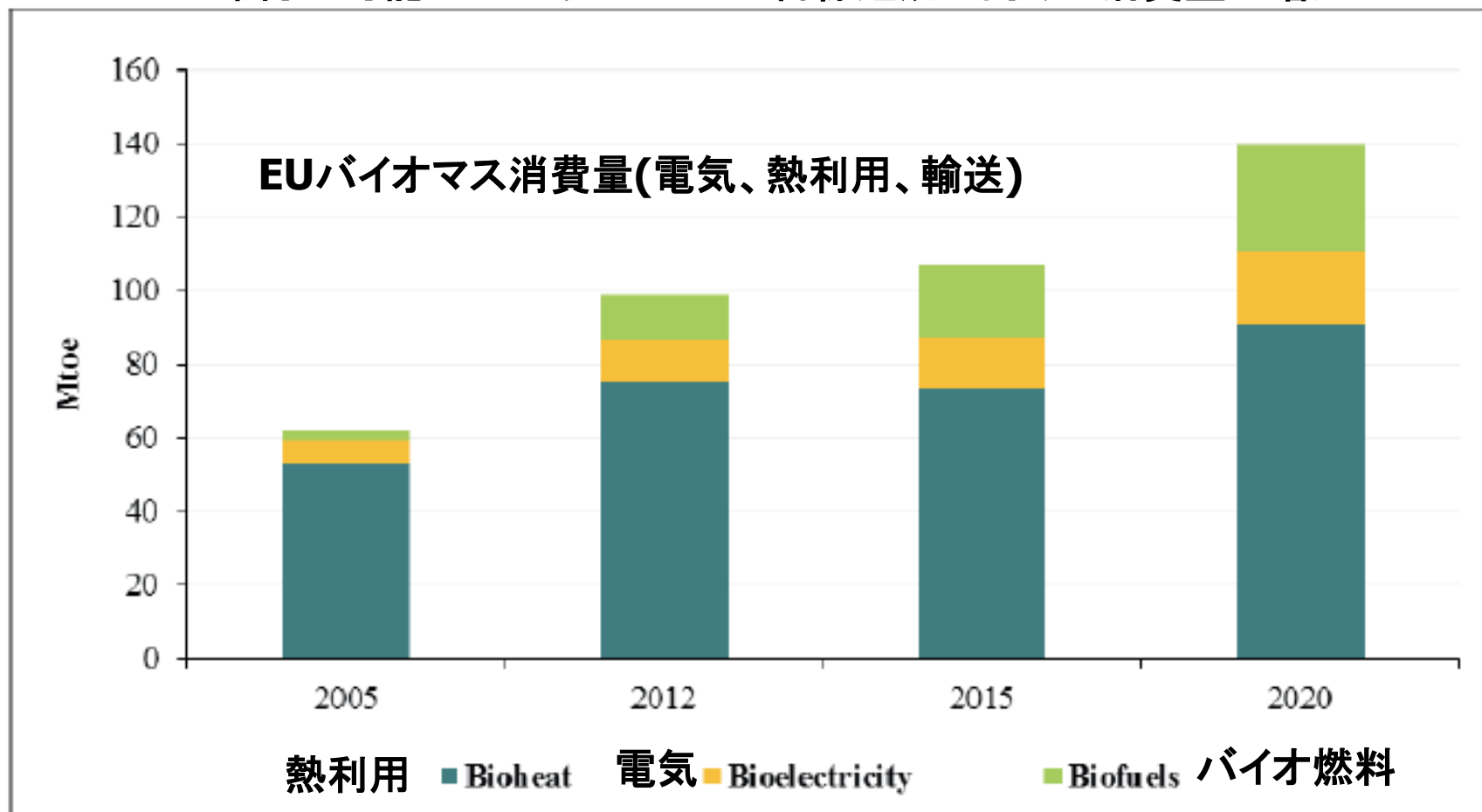


1. スウェーデン: 68.6%
2. フィンランド: 53.7%
3. ラトビア: 51.9%
4. エストニア: 51.2%
5. リチュアニア: 46.5%
6. デンマーク: 41.7%
7. クロアチア: 37.6%
8. ポルトガル: 35.1%
9. スロベニア: 34.0%
10. オーストリア: 33.0%

出典: EurObserv'ER

# 欧州(EU)でのバイオマスエネルギー消費量の推移

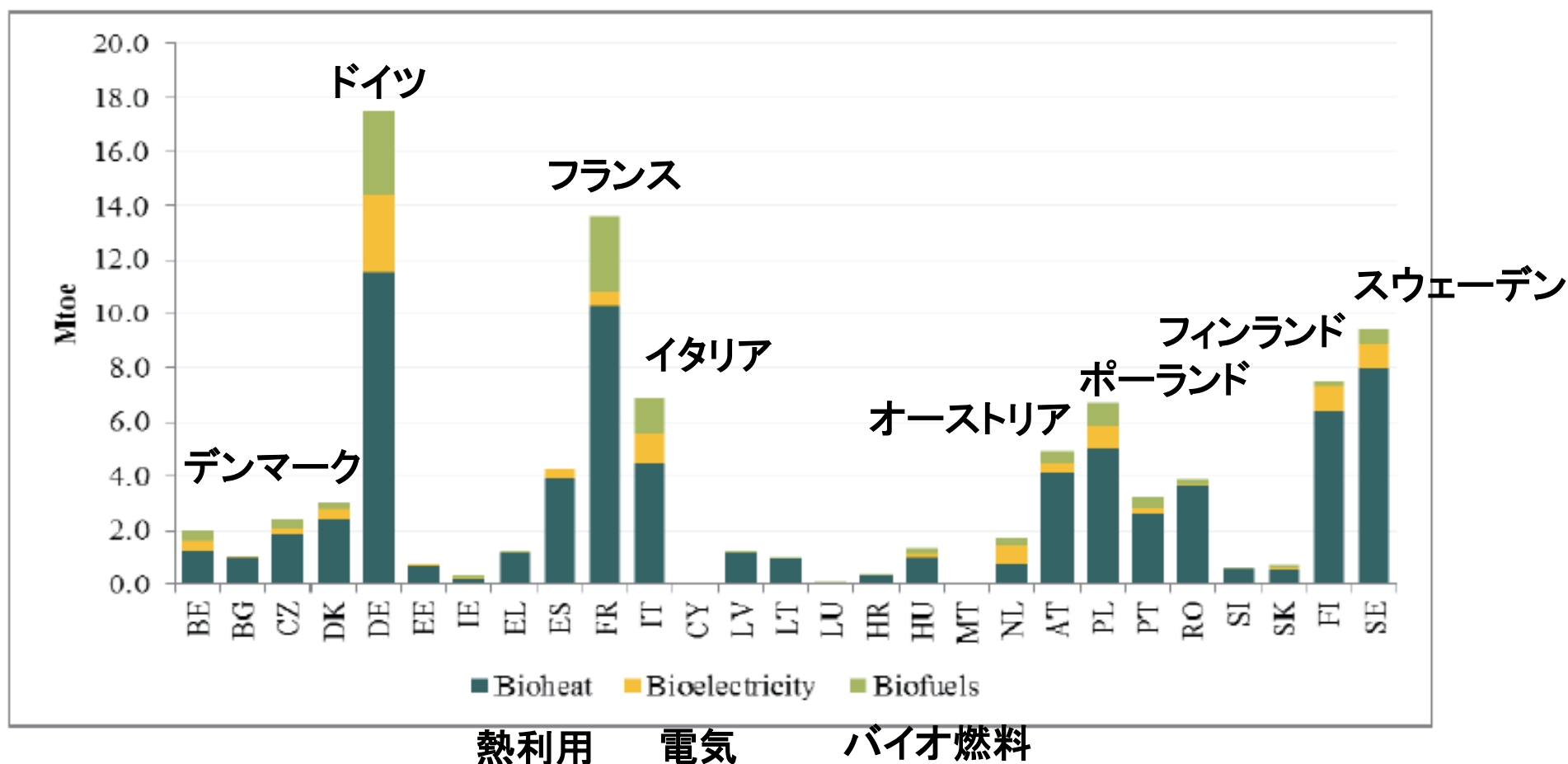
2020年再生可能エネルギー20%の目標達成に向けて消費量が増加



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。

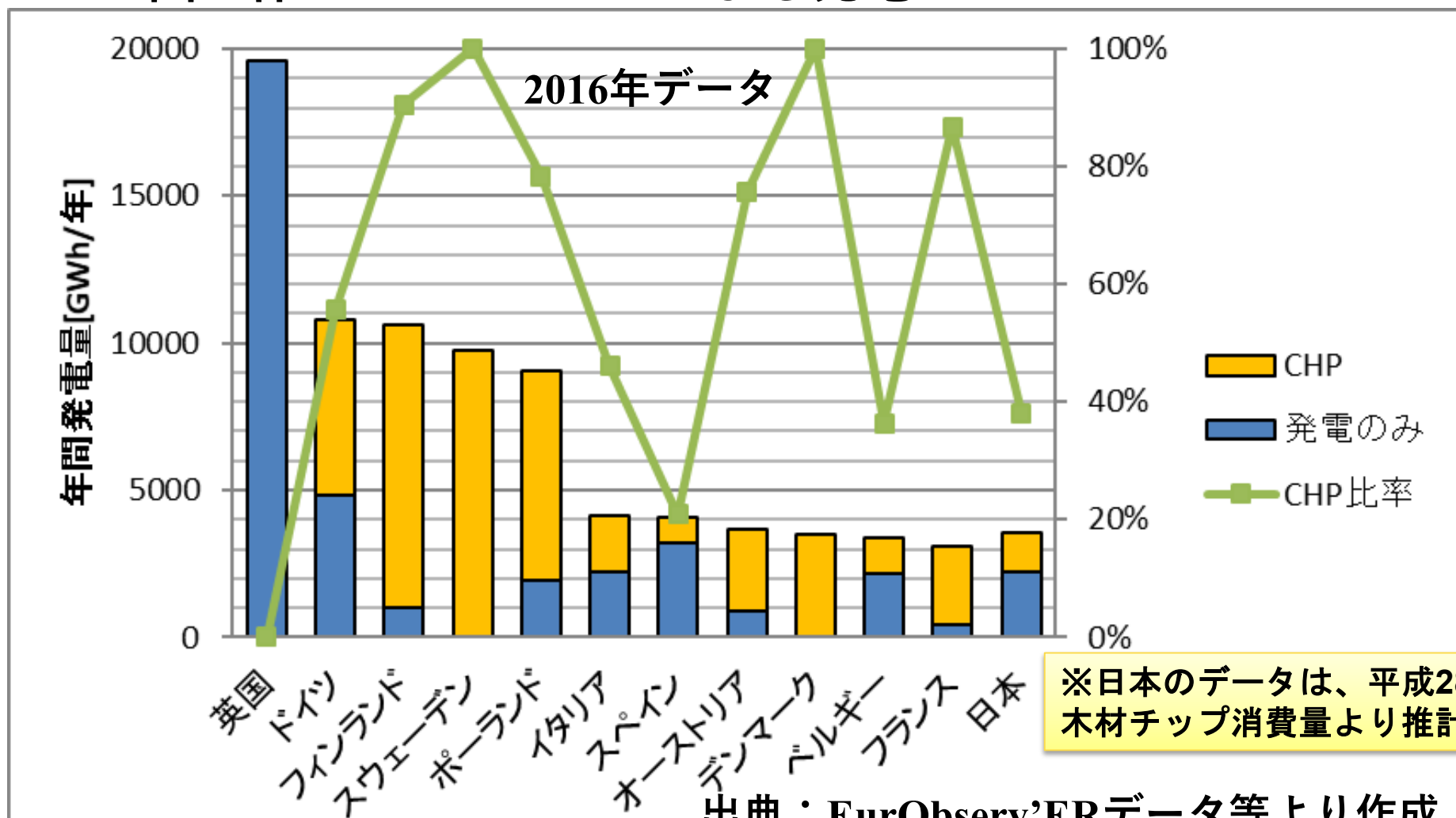


出典: EU 2014 "State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heat and cooling in the EU"

# EUの国別の木質バイオマス発電の年間発電量(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)

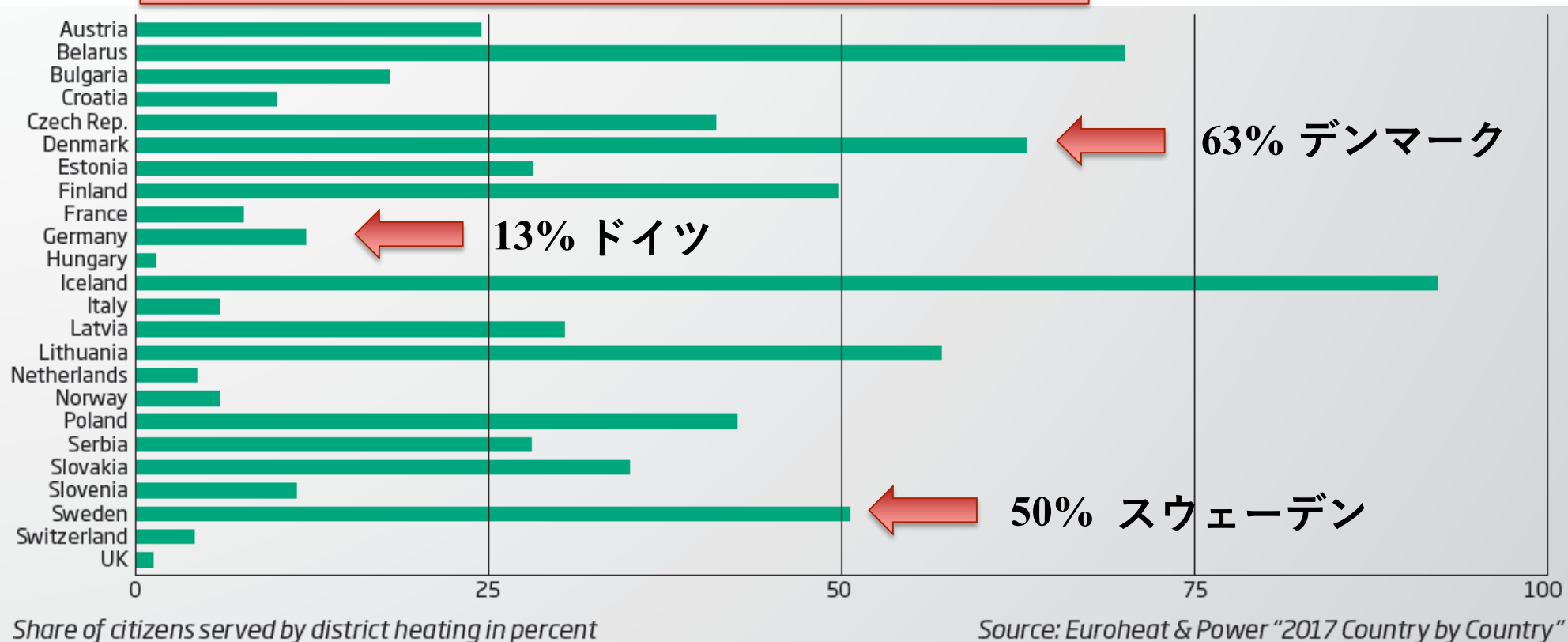
EU28カ国全体では57%がCHPによる発電



# 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<br>(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」

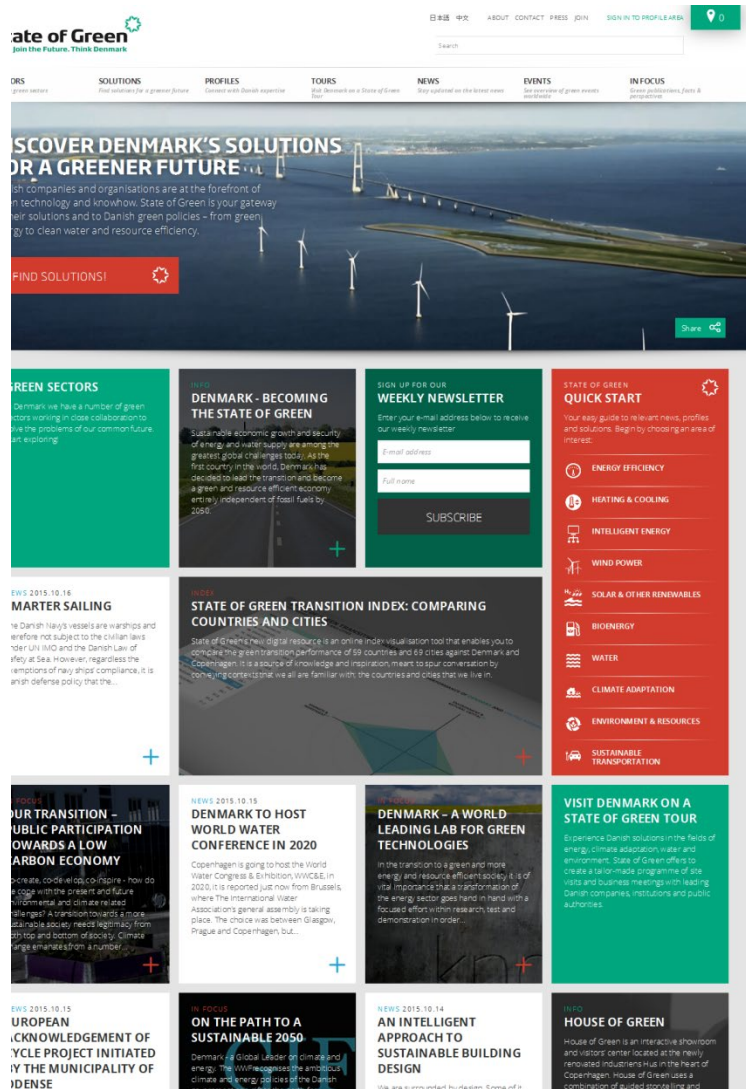
- 地域熱供給の軸：使用燃料の柔軟性と安定供給
- 計画と規制～前提条件：規制プロセス、役割と必須条件
- 熱源の多様化により持続可能性が確保される：エネルギーをスマートに利用するカギ
- 蓄熱の必要性：経済的な節約と安定供給
- 地域熱供給の未来：世界中の可能性の実現

<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。

# 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)

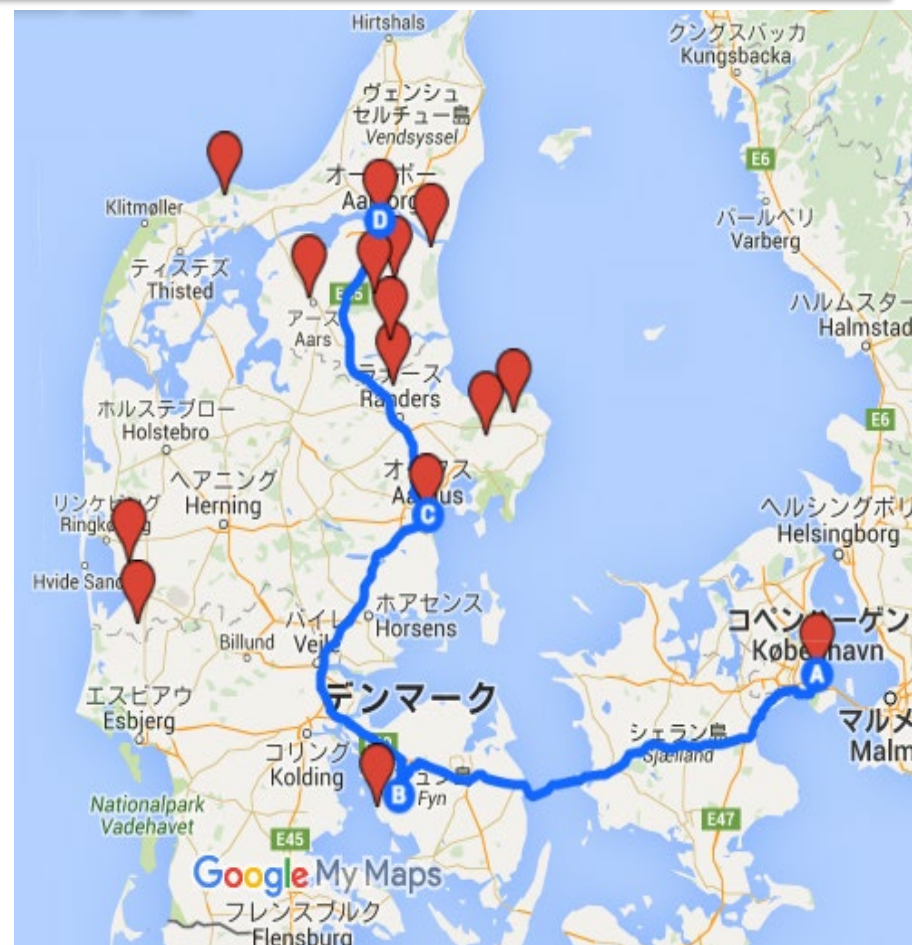
訪問先：デンマーク王国コペンハーゲン市内、オーフス市周辺、オールボー市周辺ほか



地域熱供給用わらボイラー施設

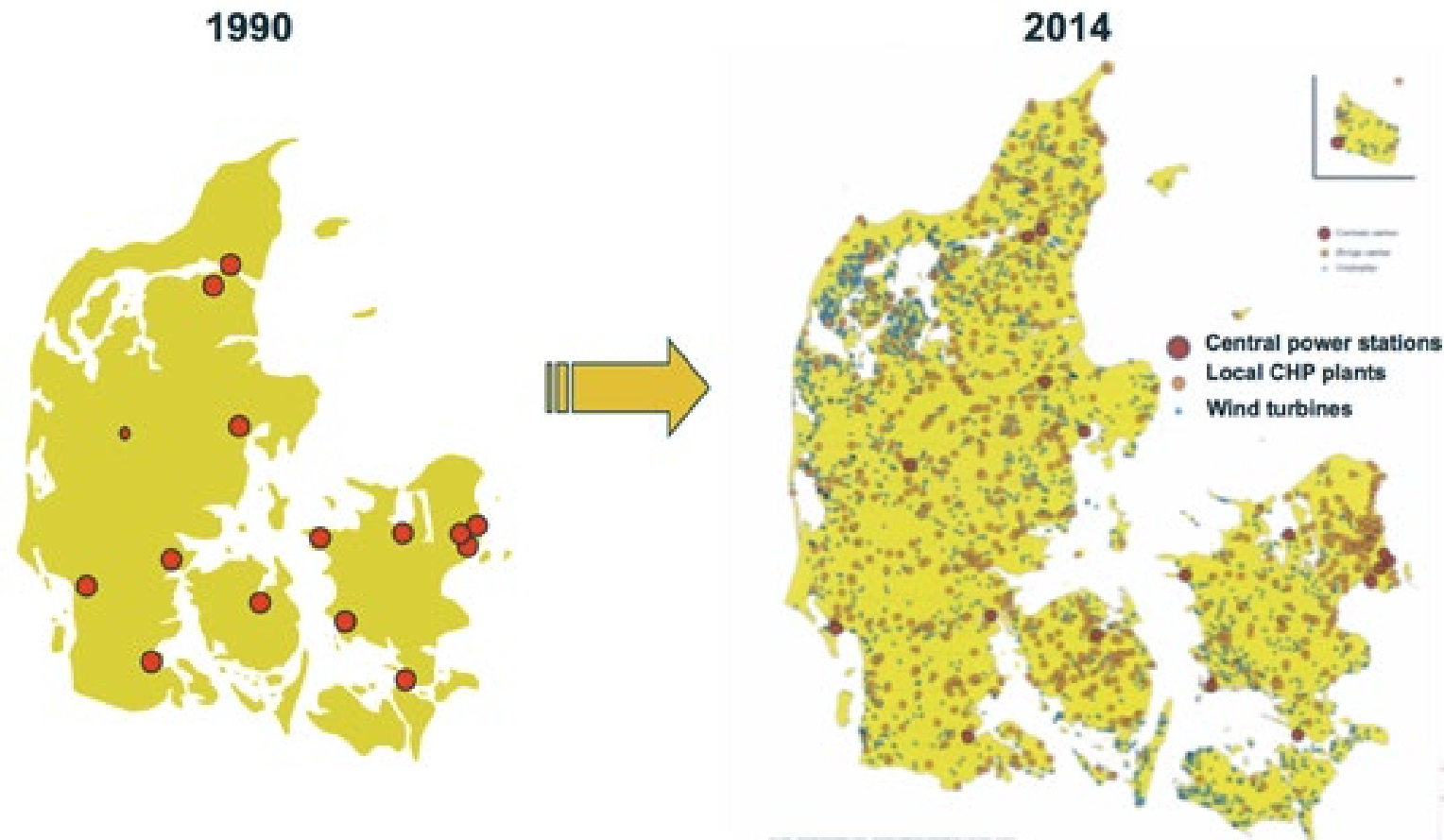


視察訪問：2017年5月28日～6月3日実施



# 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)。



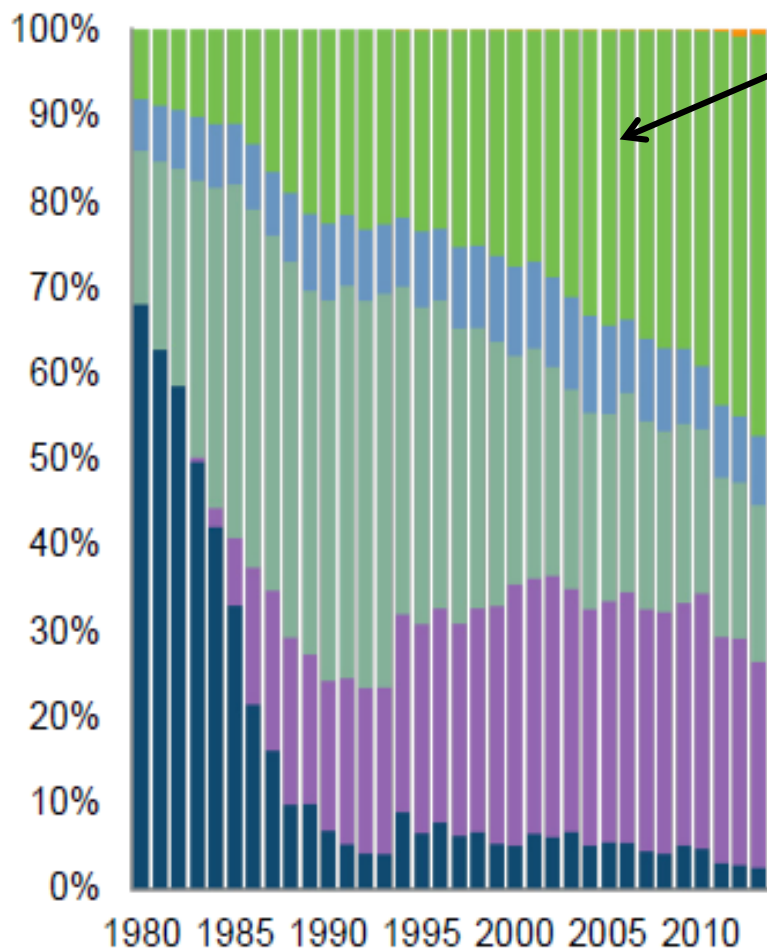
出所： [Energinet.dk](http://Energinet.dk)



# 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)。

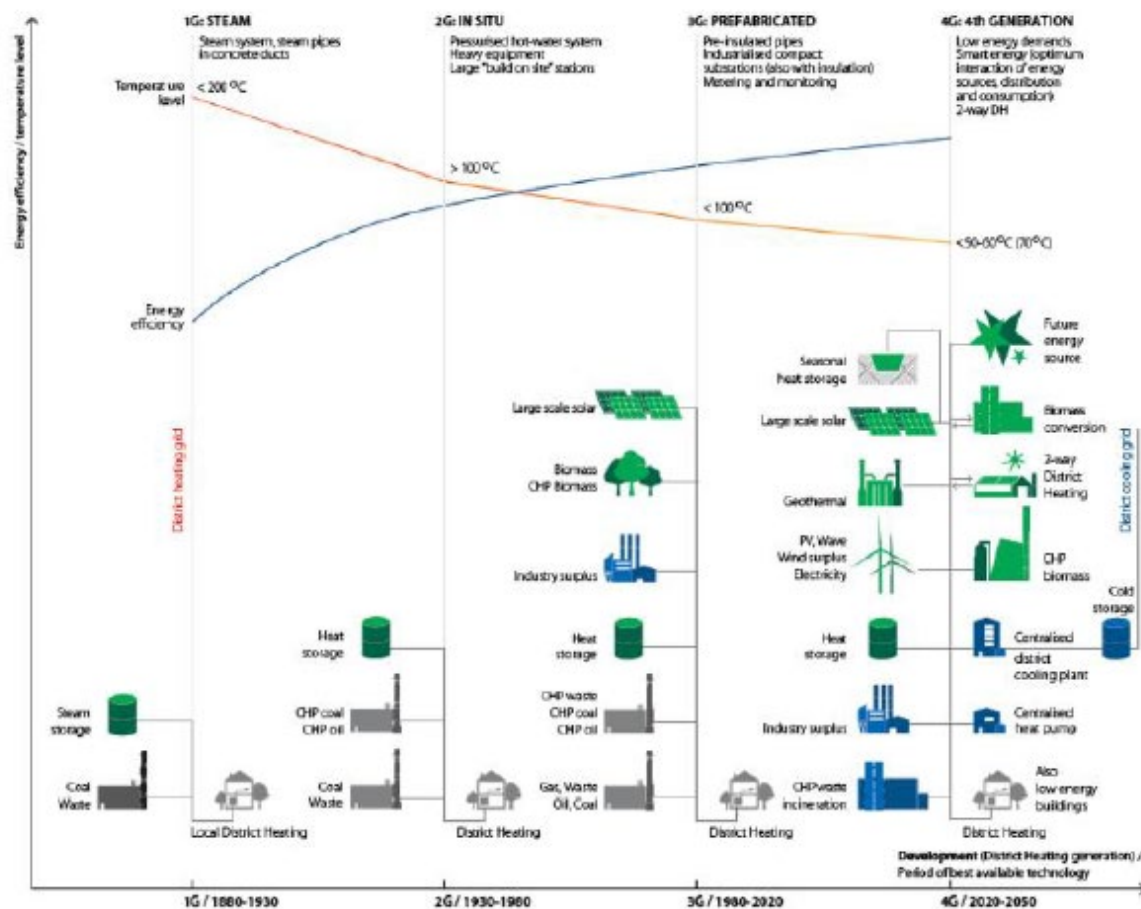


Fig. 2. Illustration of the concept of 4th Generation District Heating in comparison to the previous three generations.

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 “4<sup>th</sup> Generation District Heating(4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy system” Energy 68(2014) 1-11

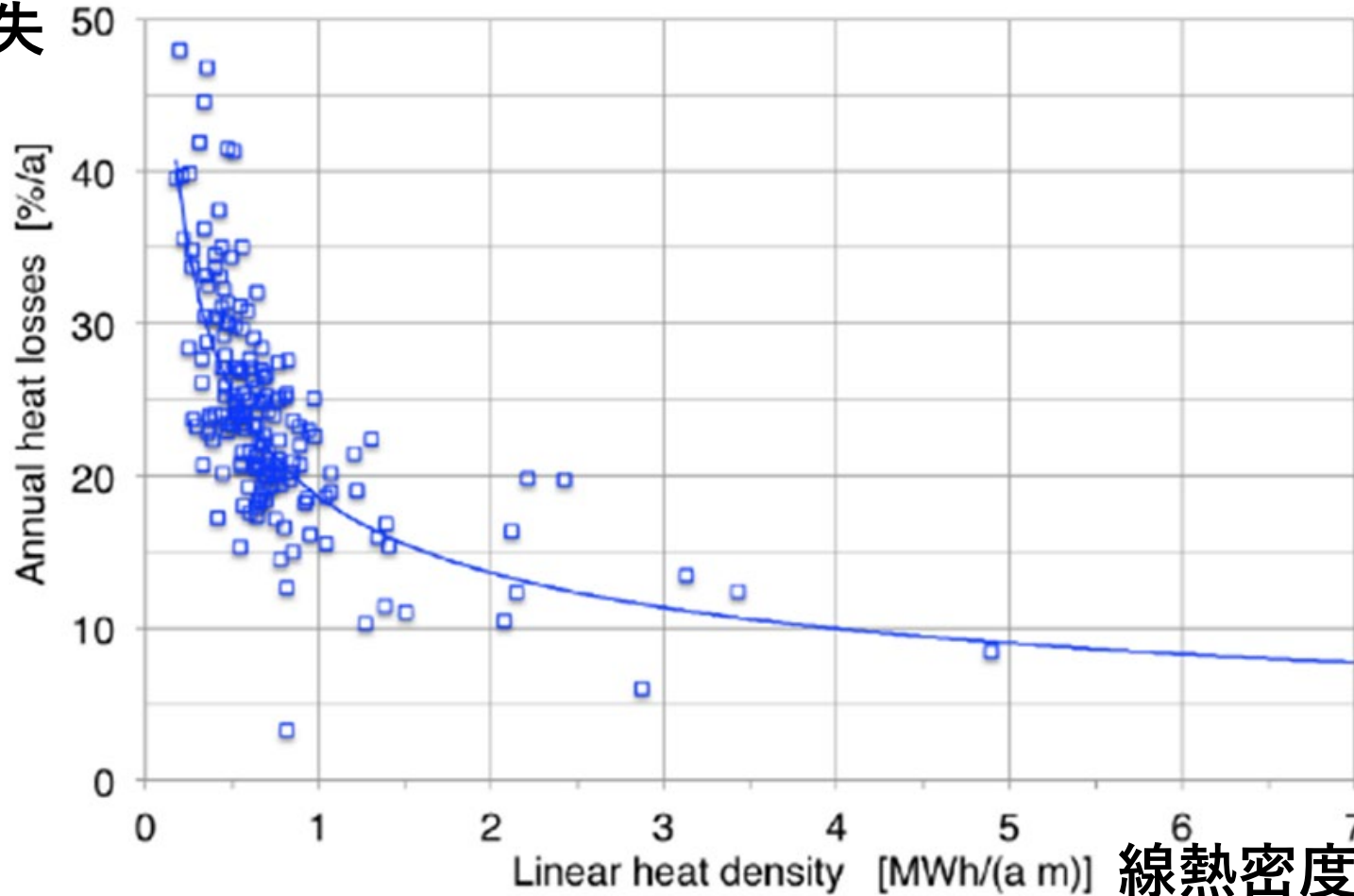
# デンマークの第4世代地域熱供給(4DH) その2

|         | 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



熱損失を減らすために  
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3回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議 2017年9月12日～13日(コペンハーゲン)

3<sup>rd</sup> International Conference on

## Smart Energy Systems and 4<sup>th</sup> Generation District Heating

12-13 September 2017 · Copenhagen



AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK



<http://www.4dh.eu/conferences/conference-2017>



The National Museum of Denmark



4<sup>th</sup> International Conference on

## Smart Energy Systems and 4<sup>th</sup> Generation District Heating

13-14 November 2018 · Aalborg



AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

2018年11月13日～14日(オールボー)

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



# 第3回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議 全体概要

参加者：340名  
参加国：25カ国  
発表数：150

## 重要プロジェクト

- Heat Roadmap Europe 2050
- RE-INVEST
- 4DH: 第4世代地域熱供給
- Peta4.2: 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
- 低温地域熱供給と建築物
- 組織、所有形態・事業主体



3RD INTERNATIONAL CONFERENCE  
ON SMART ENERGY SYSTEMS AND  
4TH GENERATION DISTRICT  
HEATING

BOOK OF ABSTRACTS



COPENHAGEN, 12-13 SEPTEMBER 2017

# 第3回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議 Heat Roadmap Europe 2050, RE-INVEST

## Heat Roadmap Europe 2050

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

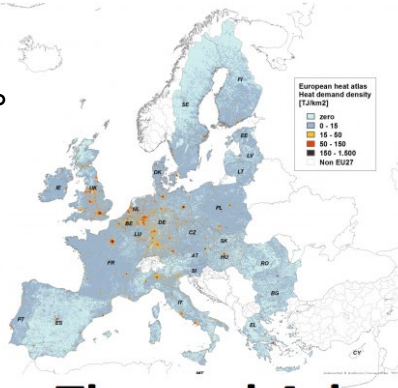


A low-carbon heating and cooling strategy for Europe

欧州の温冷熱の低炭素戦略

4<sup>th</sup> 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



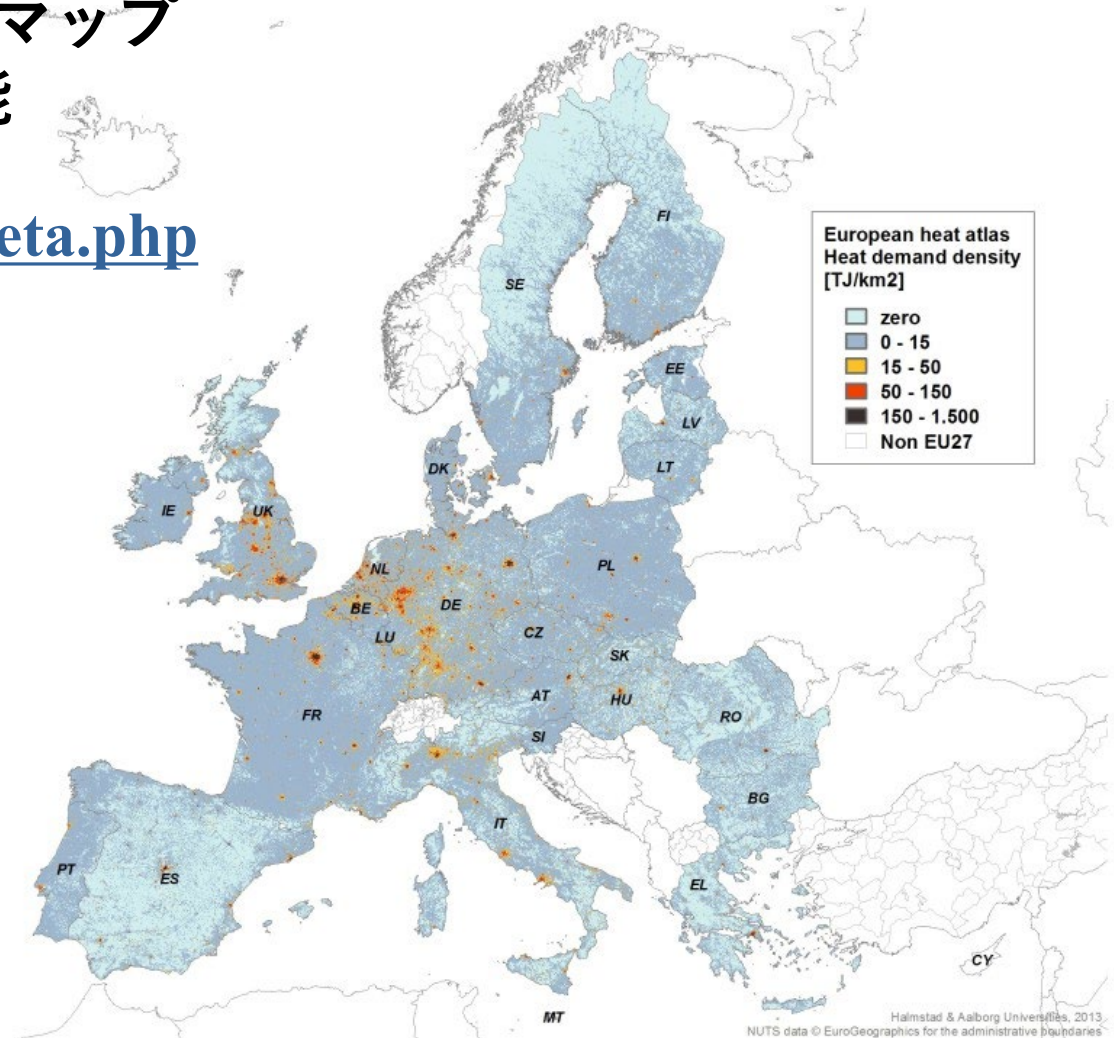
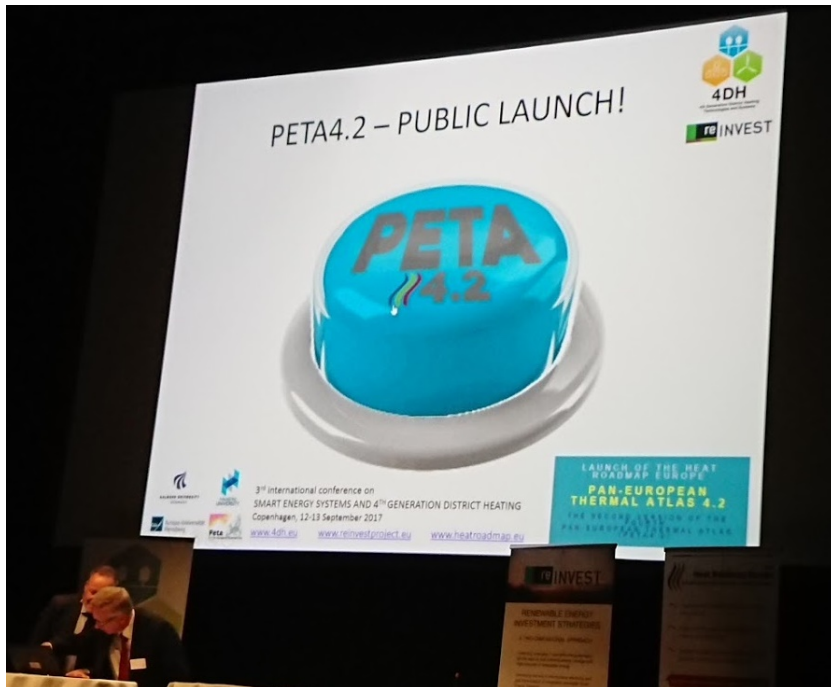
技術モデル分析

# 第3回スマートエネルギー・第4世代地域熱供給国際会議 Peta: the Pan-European Thermal Atlas

## Peta4.2: 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>



# 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

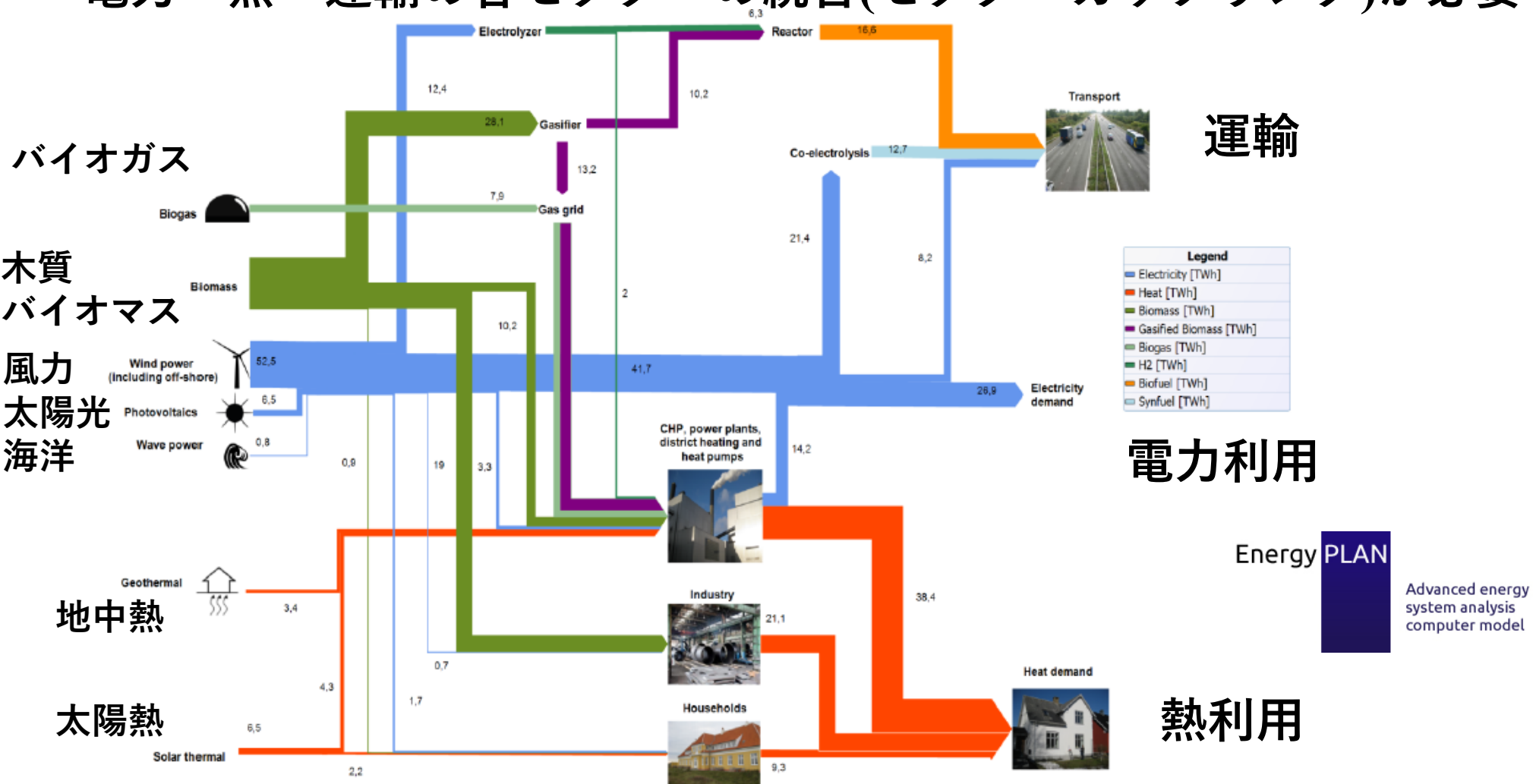


Figure 3.13, Sankey diagram of the CEESA 2050 100 % renewable energy scenario.



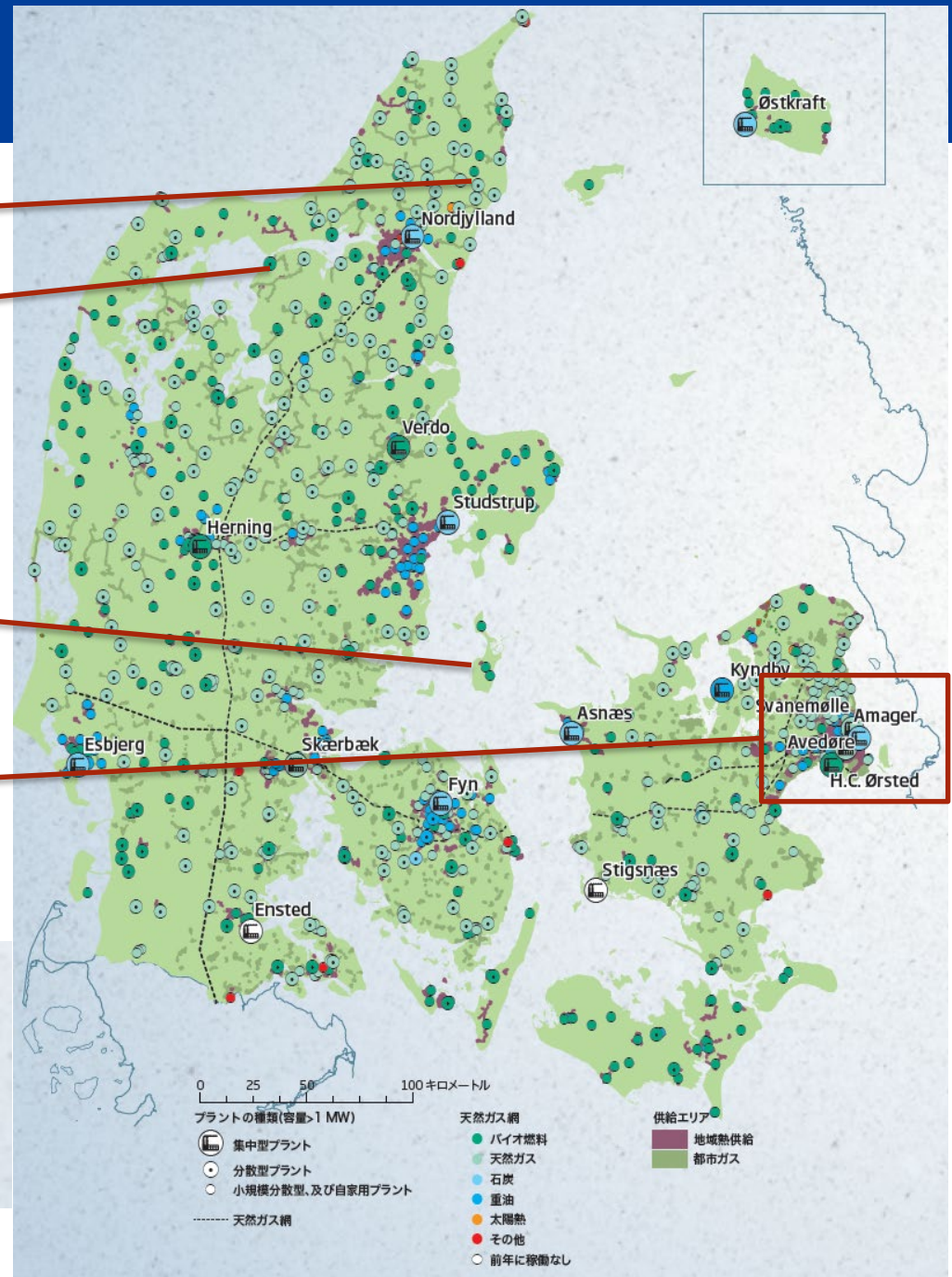
# デンマークの地域熱供給マップ

Dronninglund村

Løgstør町

Nordby/Mårup  
(サムソ島)

コペンハーゲン  
周辺地域



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

0 25 50 100 キロメートル

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

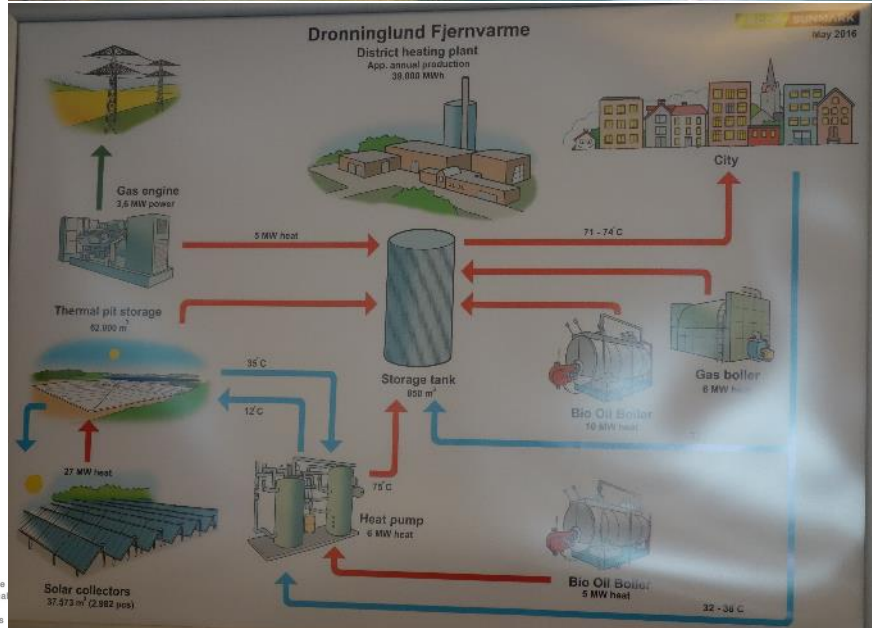
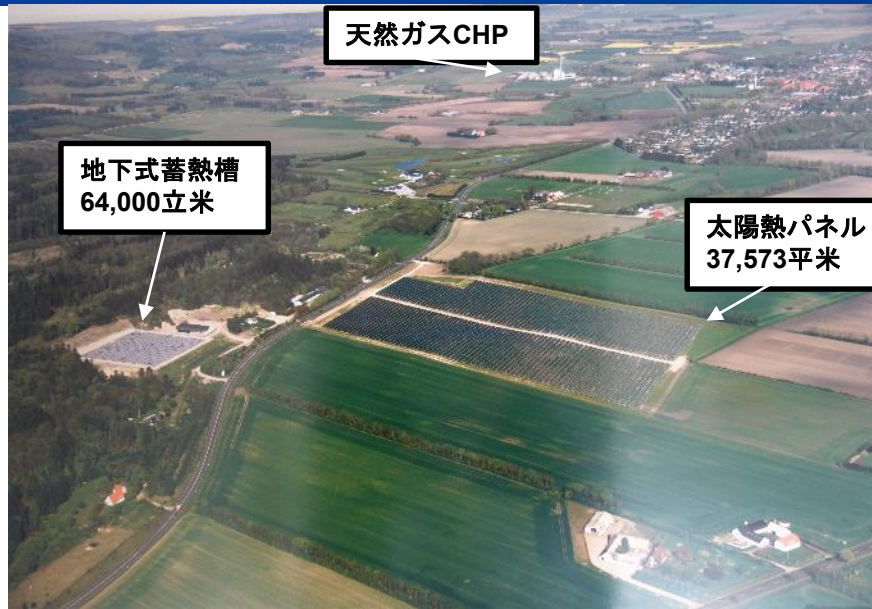
- バイオ燃料
- 天然ガス
- 石炭
- 重油
- 太陽熱
- その他
- 前年に稼働なし

供給エリア

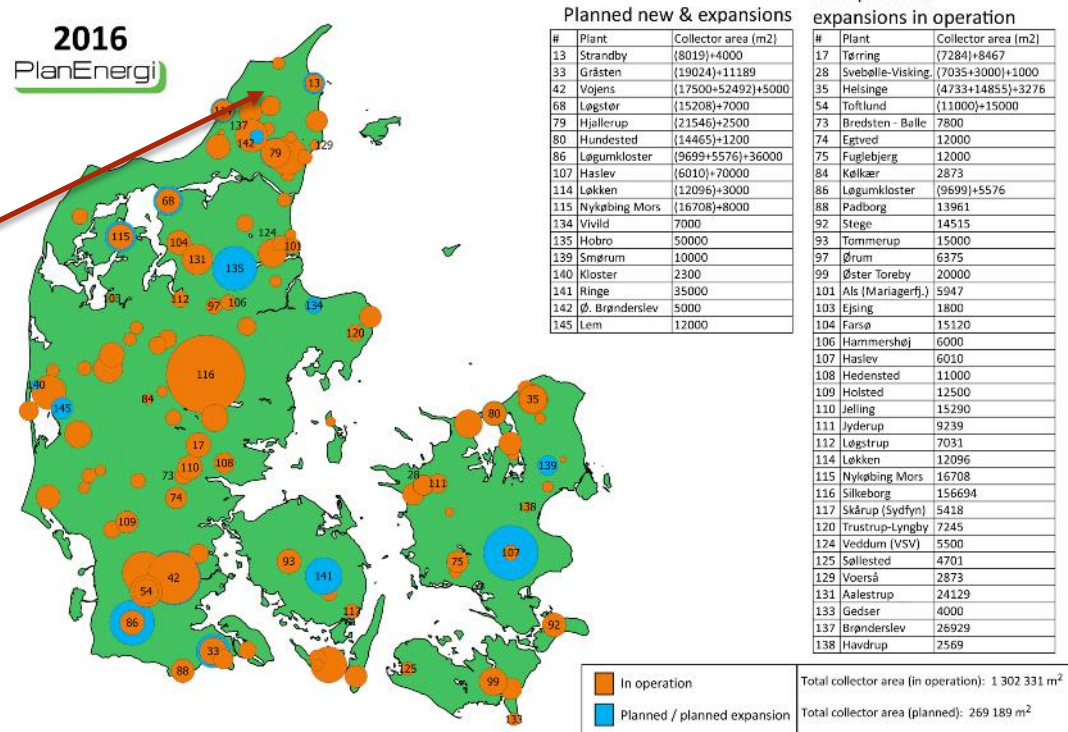
- 地域熱供給
- 都市ガス



# 事例：デンマークの太陽熱地域熱供給(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%)**

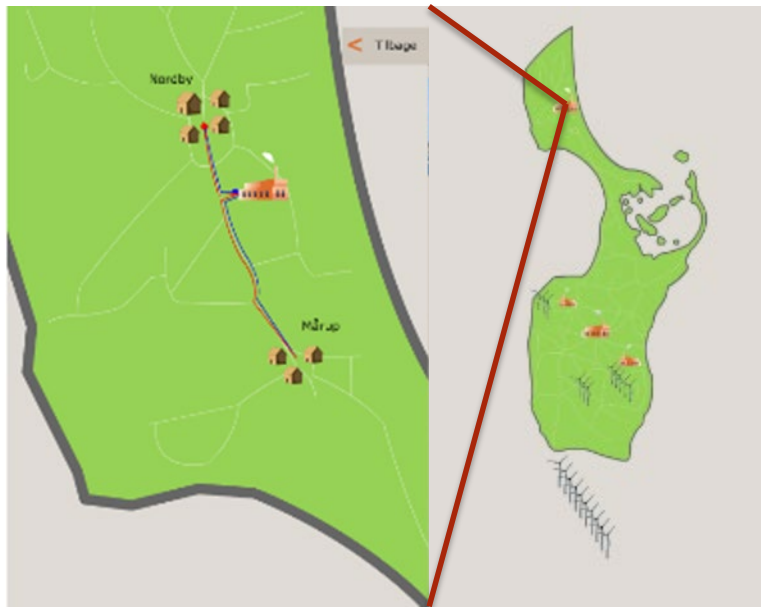
# 事例：デンマークの地域熱供給(ログスター町)

| 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 <sup>3</sup> × 2基 = 3200 m <sup>3</sup> |           |
| 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                                        |           |





# 事例：デンマークの地域熱供給(サムソ島)



太陽熱プラント(2500m<sup>2</sup>)

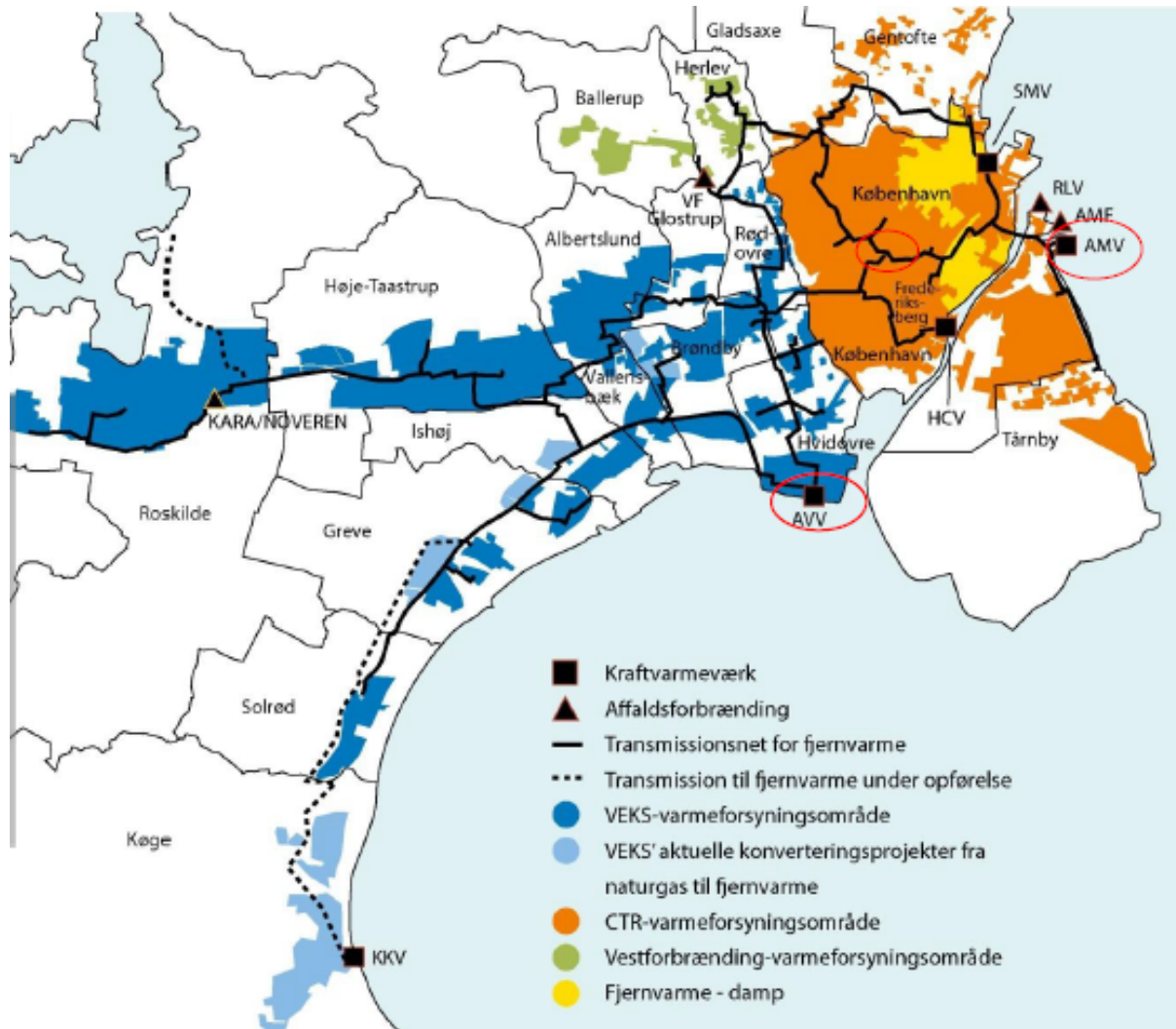


蓄熱槽800m<sup>3</sup>



|              | 熱供給設備                                                                                | 燃料            | 規模                             | 事業費       |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------|
| Nordby/Mårup | 太陽熱プラント<br>2500m <sup>2</sup> ・太陽熱蓄<br>熱タンク800m <sup>3</sup> ・<br>木質チップボイ<br>ラー900kW | 太陽熱・木質<br>チップ | いくつかの大規模<br>消費家も含め、<br>185の消費者 | 約3億2640万円 |

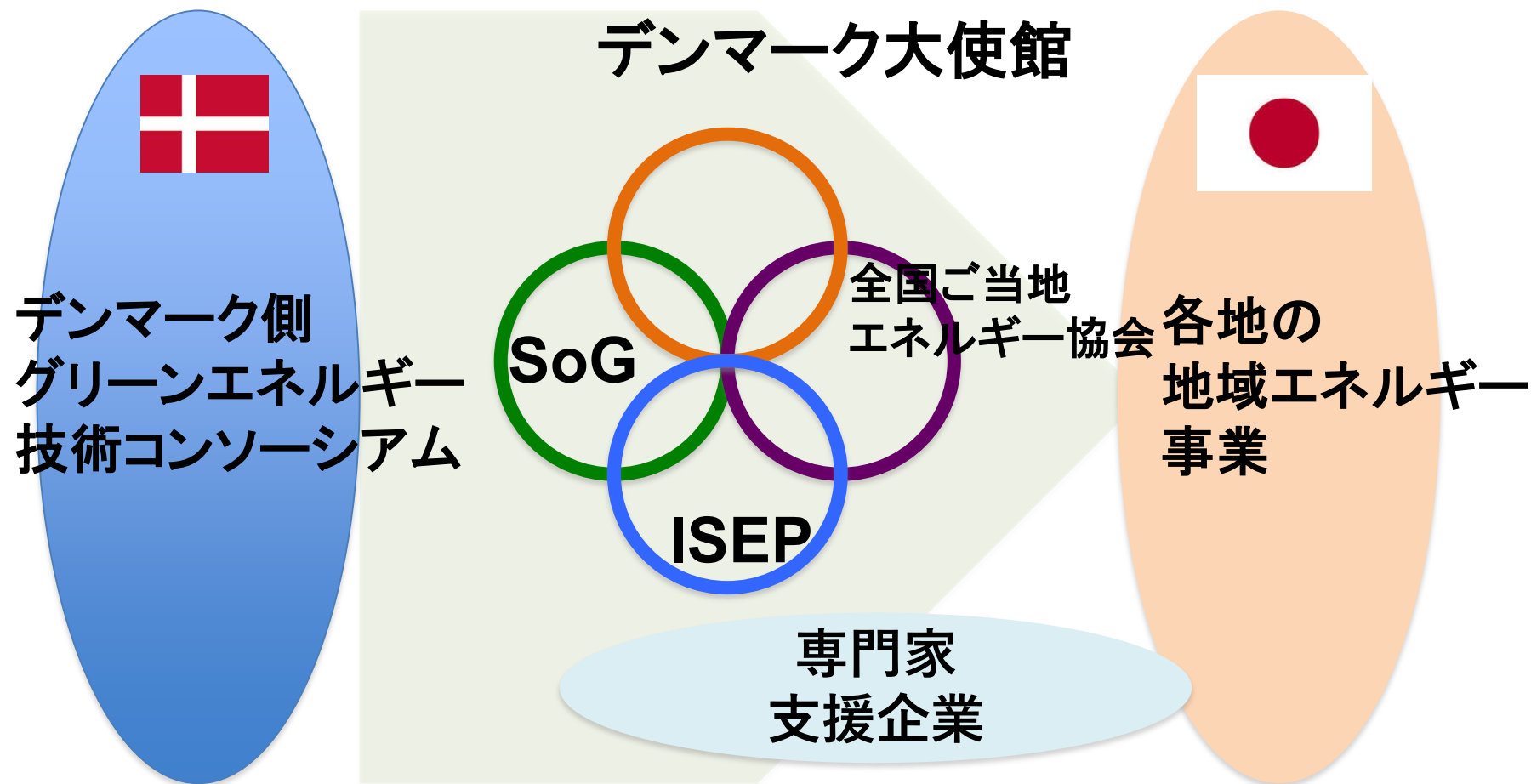
# 事例：デンマークの地域熱供給 コペンハーゲン周辺地域



- 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

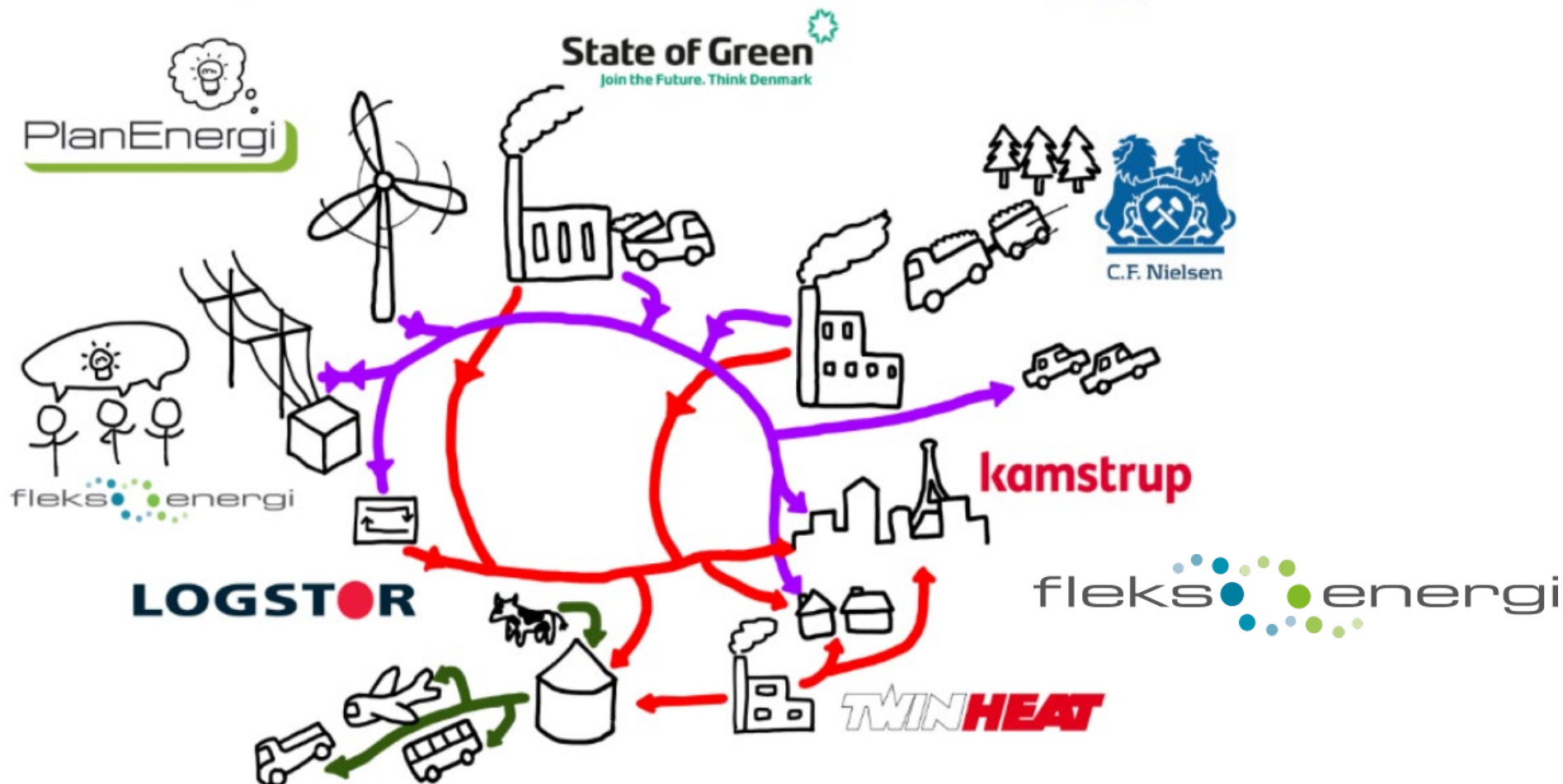
## デンマーク官民共同組織(SoG)によるグリーン技術移転促進プログラム





# デンマークの熱供給先進企業クラスター

 デンマーク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**