



MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS
OF DENMARK

デンマークのエネルギー政策と 第4世代地域熱供給

ー柔軟なエネルギー・システムの中の 熱供給の役割

2019年3月14日
デンマーク王国大使館
田中 いずみ

なぜ熱？
なぜ地域熱供給？
なぜ第4世代地域熱供給？

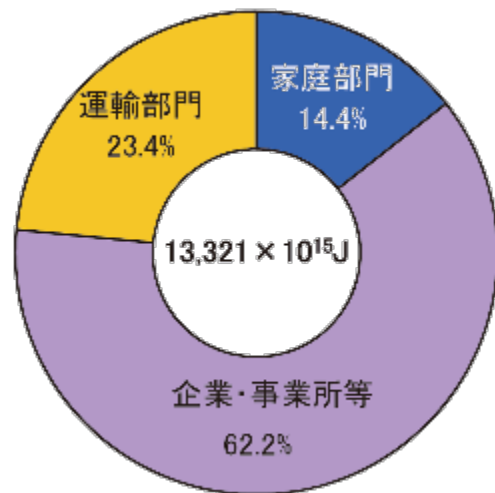
なぜ熱？

デンマークは寒い国だから、、
日本は暑くて冷房も必要だから、、
日本は熱需要が少ないから、、

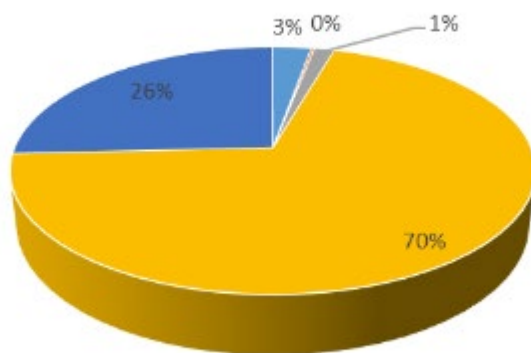
日本の熱需要は？

「熱」需要はエネルギー最終消費の4割
(展示会ENEXの告知文から)

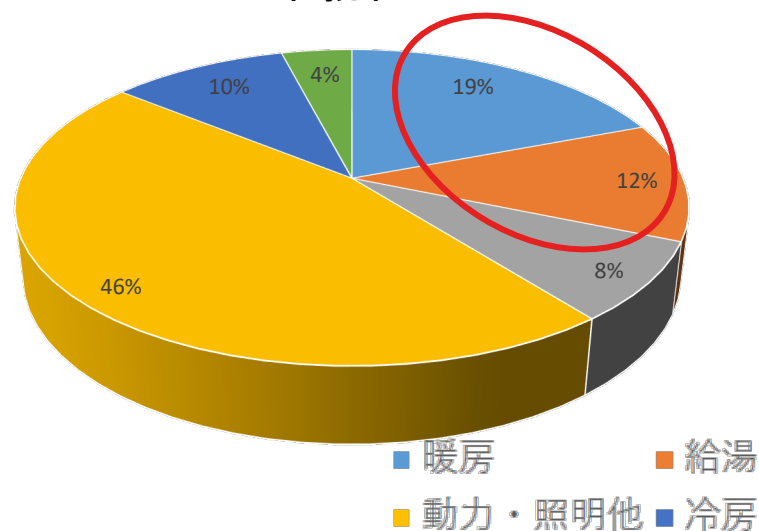
最終エネルギー消費の構成比



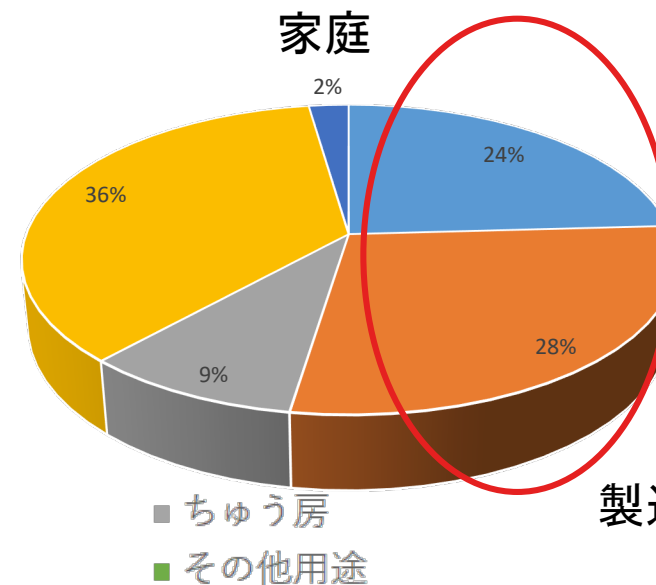
企業事業所他のエネルギー消費



業務他

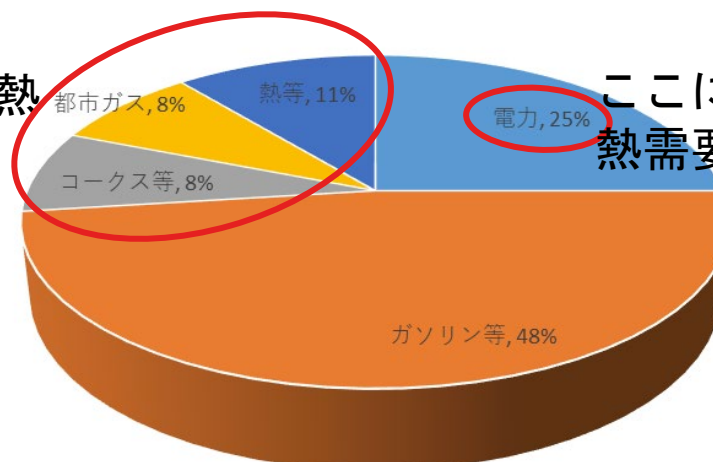


家庭



製造業 ???

主に熱



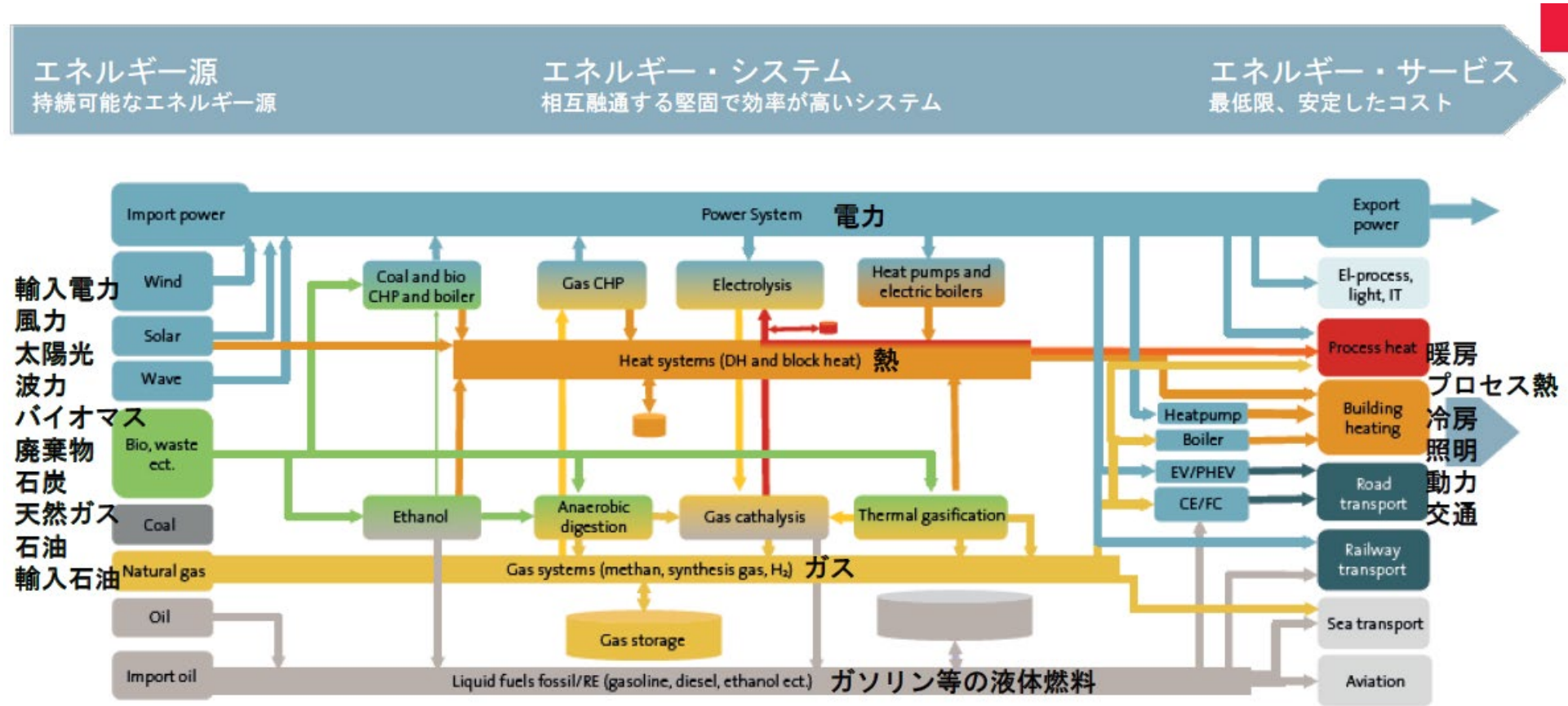
ここにも一部
熱需要が含まれている

■ 農林水産業 ■ 鉱業他 ■ 建設業 ■ 製造業 ■ 業務他(第三次産業)

最終エネルギー消費 (2015) エネルギー調査統計より作成

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN
AFFAIRS OF DENMARK

デンマークが目指すエネルギーシステム



ロバストでエネルギー媒体が相互融通し、エネルギー効率も
経済性も高いエネルギー・システム

<https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Klimaogmiljo/Energy%20concept%202030%20-%20Summary.pdf>

エネルギー・システムにおける熱の役割

- 新たに国のエネルギー政策が提示される度に地域熱供給は柔軟性を発揮
- デンマークでは2030年にはエネルギー需要の50%が再生可能エネルギーで賄われるとされており、変動が多い再生可能エネルギーの大量導入に貢献



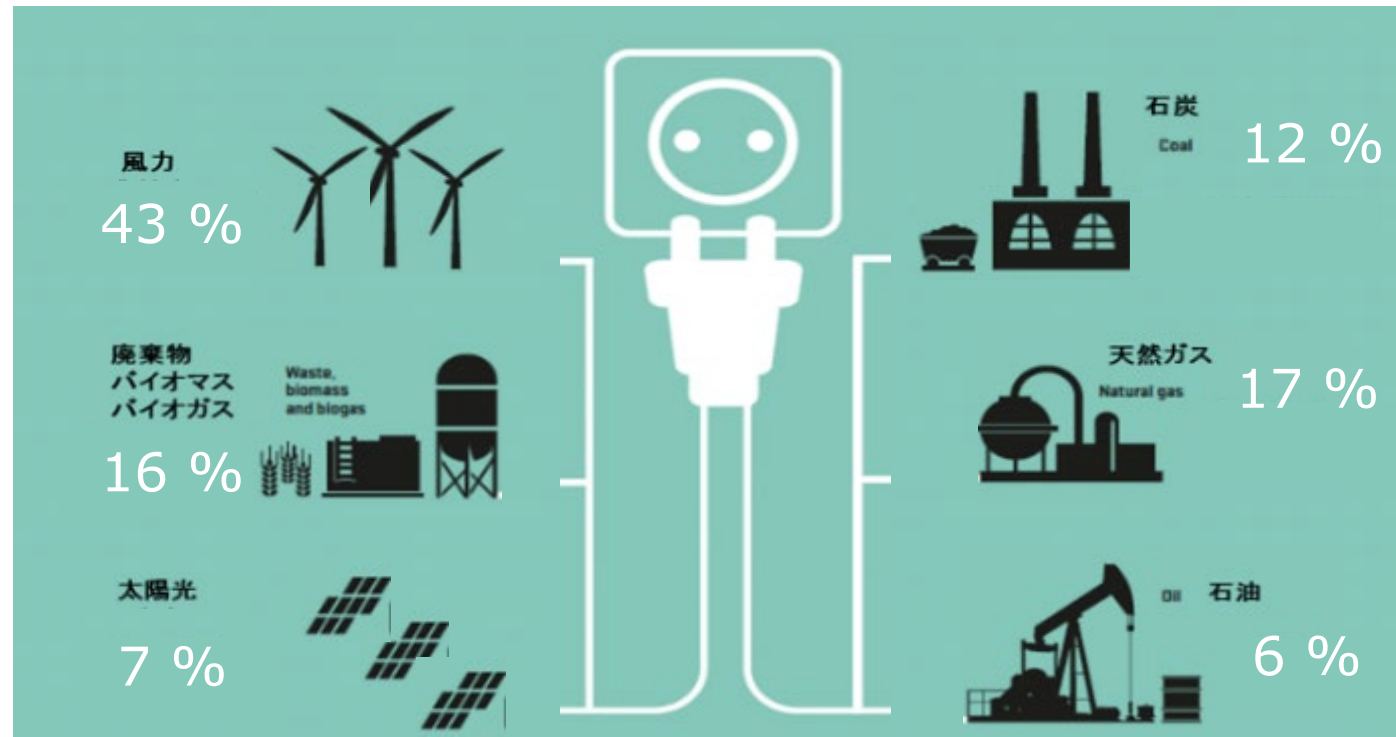


目標：
2050年までに化石燃料に依存しない社会を構築

エネルギー政策（抜粋）

1973年	オイルショック
1976年	EP76(Danish Energy Planning 1976) 政府はエネルギー供給構造の脆弱さと石油依存脱却の必要性からエネルギーの構造転換に迫られていた
1981年	EP81 エネルギー燃料の効率を高めること、エネルギー源の分散化 (但し、エネルギー需要は右肩上がりであり原子力の利用を想定した内容だった)
1983年	AE83 エネルギー消費を削減していく代替エネルギーシナリオ
1985年	デンマーク議会「原子力発電に依存しない公共エネルギー計画」を議決
1990年	EP90 (エネルギー2000) デンマーク政府による持続可能な発展のための具体的実施計画を採択(脱大量生産、脱大量消費、右肩上がりの成長の見直し)
1996年	EP96 (エネルギー21) 2030年までに二酸化炭素排出量を半減させる
2007年	A visionary Danish energy policy 2025: 2025年までに再生可能エネルギーの割合を30%に高める
2011年	Energy Strategy 2050: 2050年に化石燃料を使わない社会を目指す

電力生産 (2017)



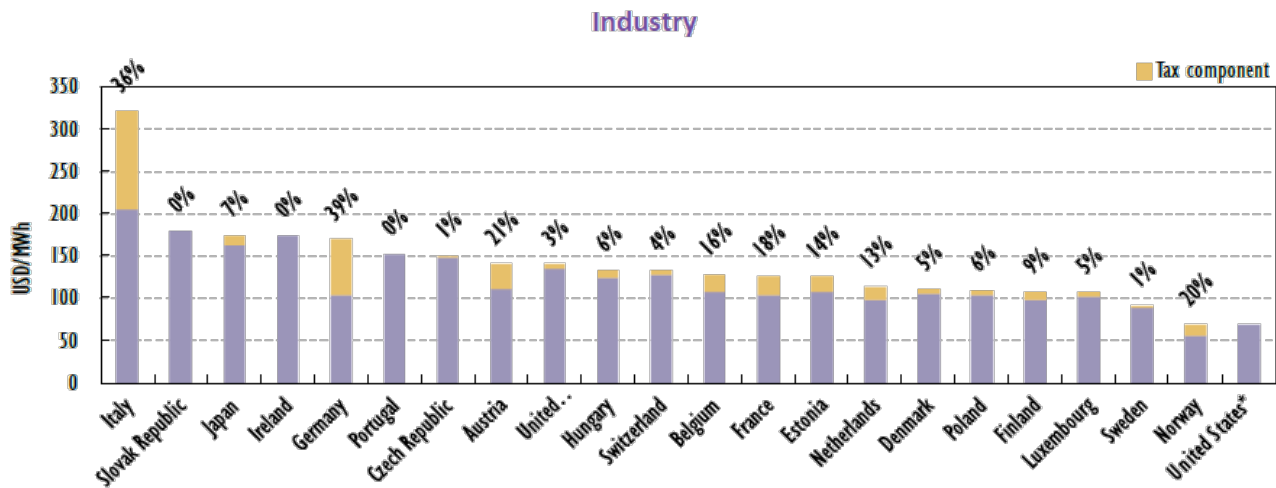
再生可能エネルギー (Wind, Biomass, Solar) = 65%

Environmental Report 2018: Environmental report for Danish electricity and CHP for 2017 status year

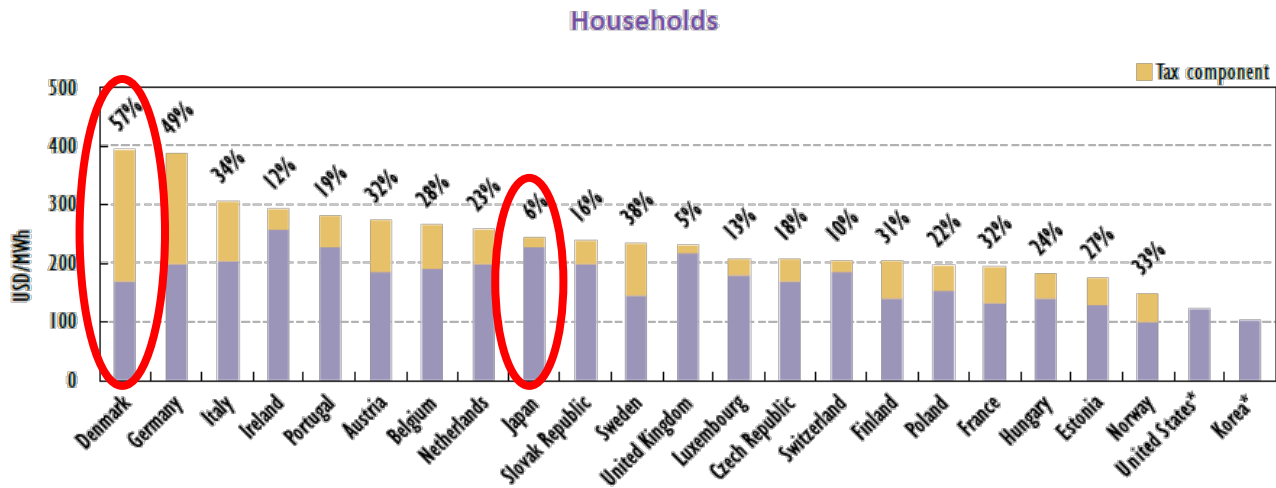
電気代の比較 (産業用・家庭用)

税金部分が高く、
政策誘導で電力価格を高くしている

Figure 3.18 Electricity prices in IEA member countries, 2013



Note: data not available for Australia, Canada, Greece, Korea, New Zealand, Spain and Turkey.

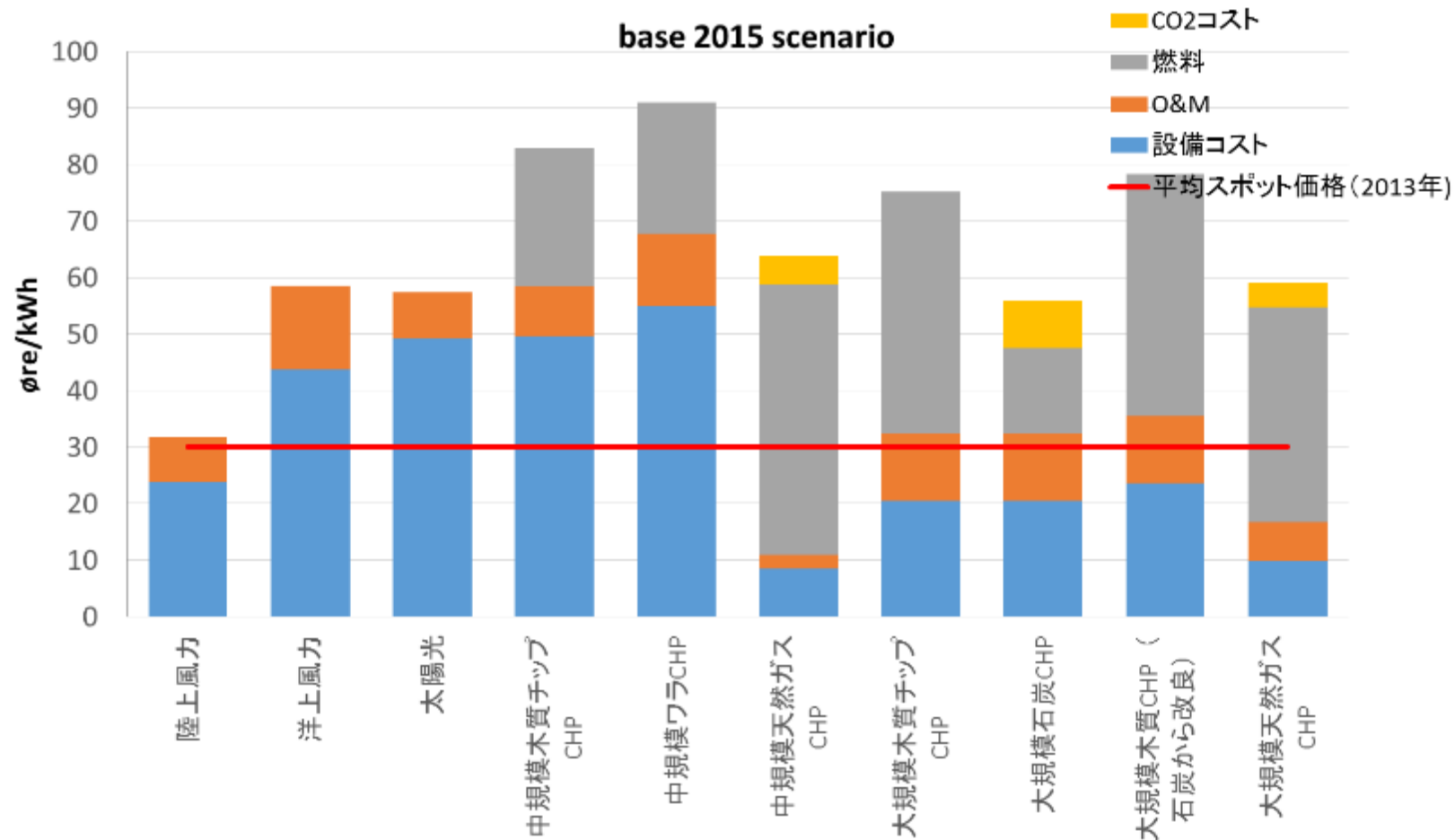


Note: data not available for Australia, Canada, Greece, New Zealand, Spain and Turkey.

* Tax information not available.

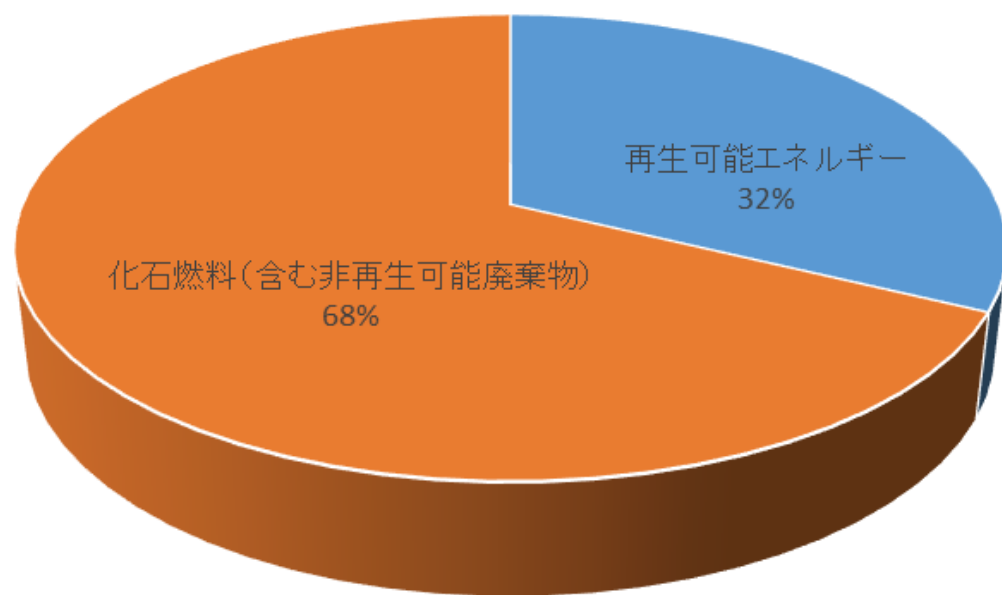
Source: IEA (2014d), *Energy Prices and Taxes*, OECD/IEA, Paris.

発電コスト (2015)

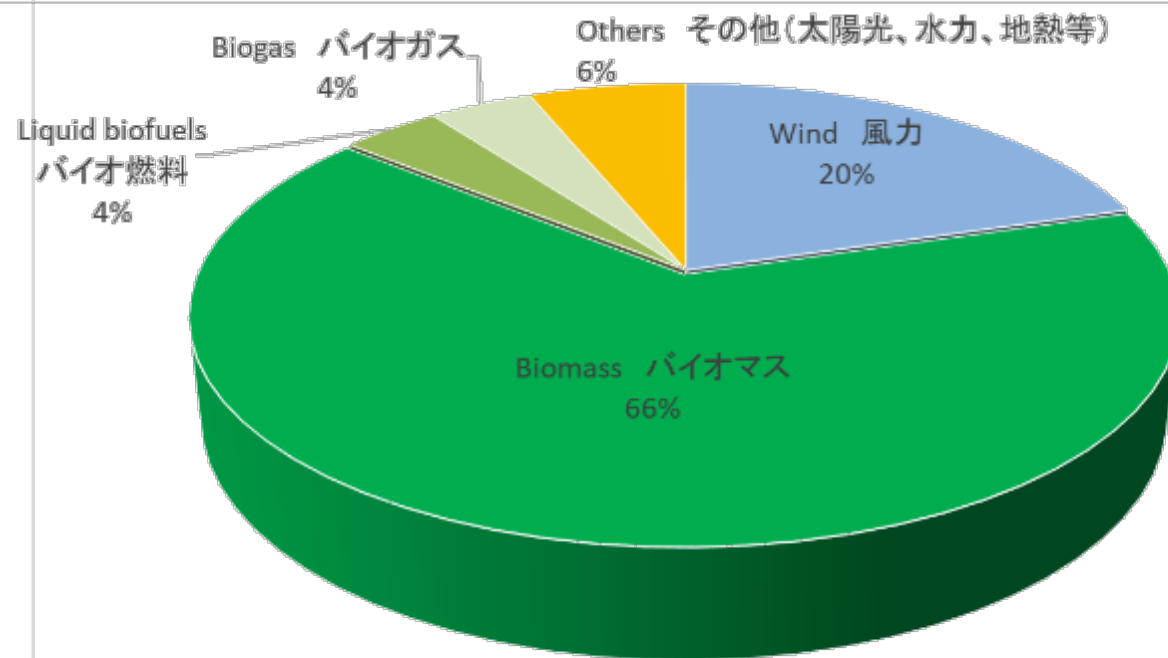


1970年代に施行された法律によって発電のみはできないようになっていてコジェネが義務化されている

最終エネルギー消費（2017）



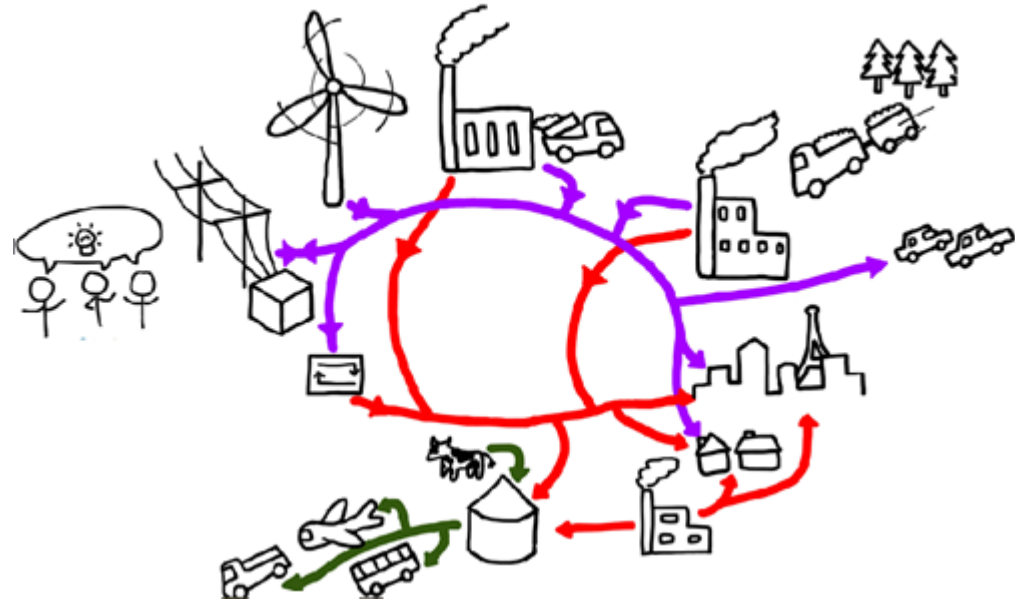
最終エネルギー消費 再生エネルギー（2016）



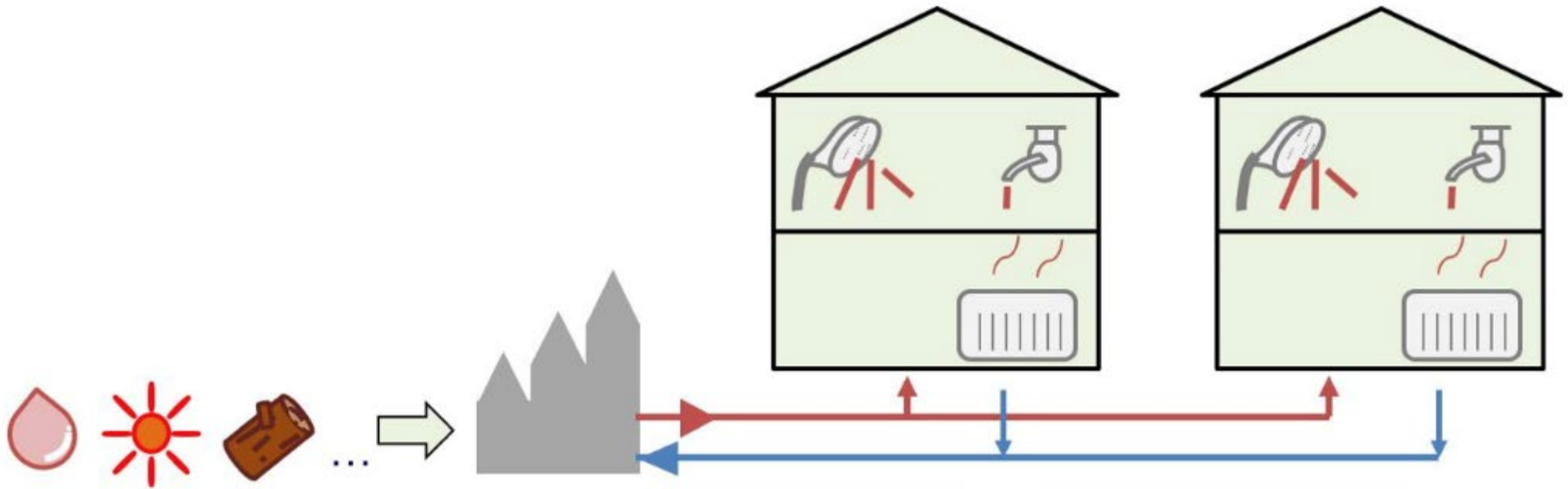
なぜ地域熱供給?

- 限定された箇所で熱（お湯）を作ることによって熱を生産する効率が上がる*
- 再生可能エネルギーを導入し易い
- 再生可能エネルギーの変動を吸収することができる

* 熱導管等の効率も考慮する



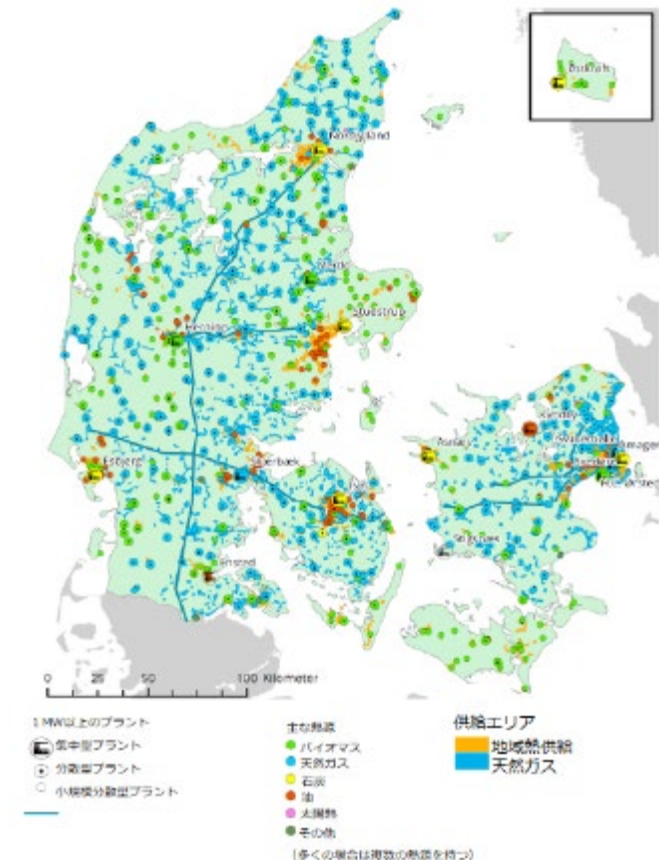
地域熱供給とは？



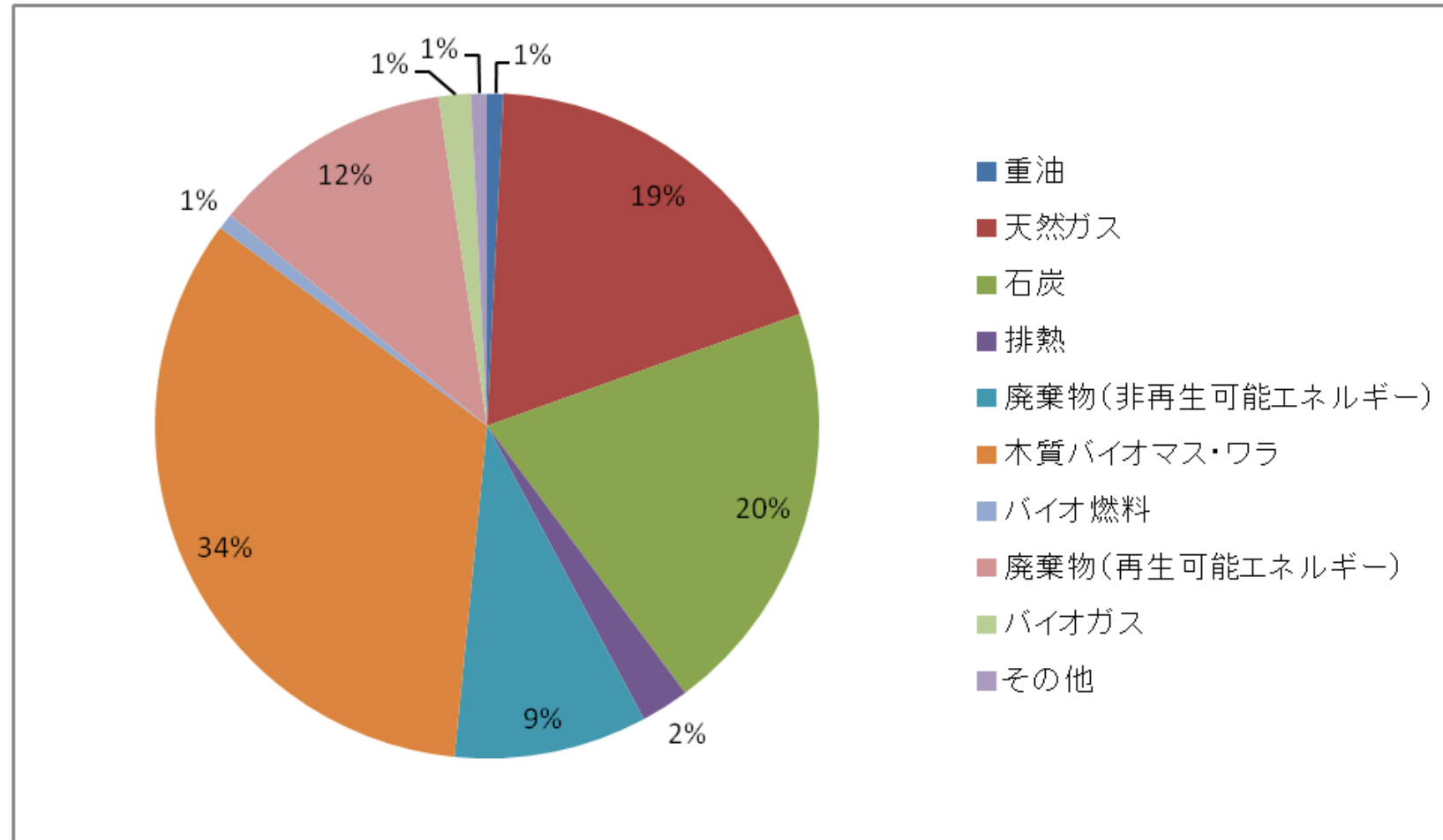
<http://www.energy-democracy.jp/1971>

デンマークの地域熱供給の現状

- 熱需要の約半分、エネルギー需要全体の17%が地域熱供給によって供給
- 家庭部門は約171万世帯全世帯の**64.4%**が接続（2017年）
- コペンハーゲンなどの6か所の大規模集中型地域熱供給が国内の供給量56 %、67PJを供給
- **400か所の中小規模分散型地域熱供給**が約53 PJの熱を供給
- 地域熱供給事業者の12.5%は自治体所有、85%は利用者組合など利用者が直接経営

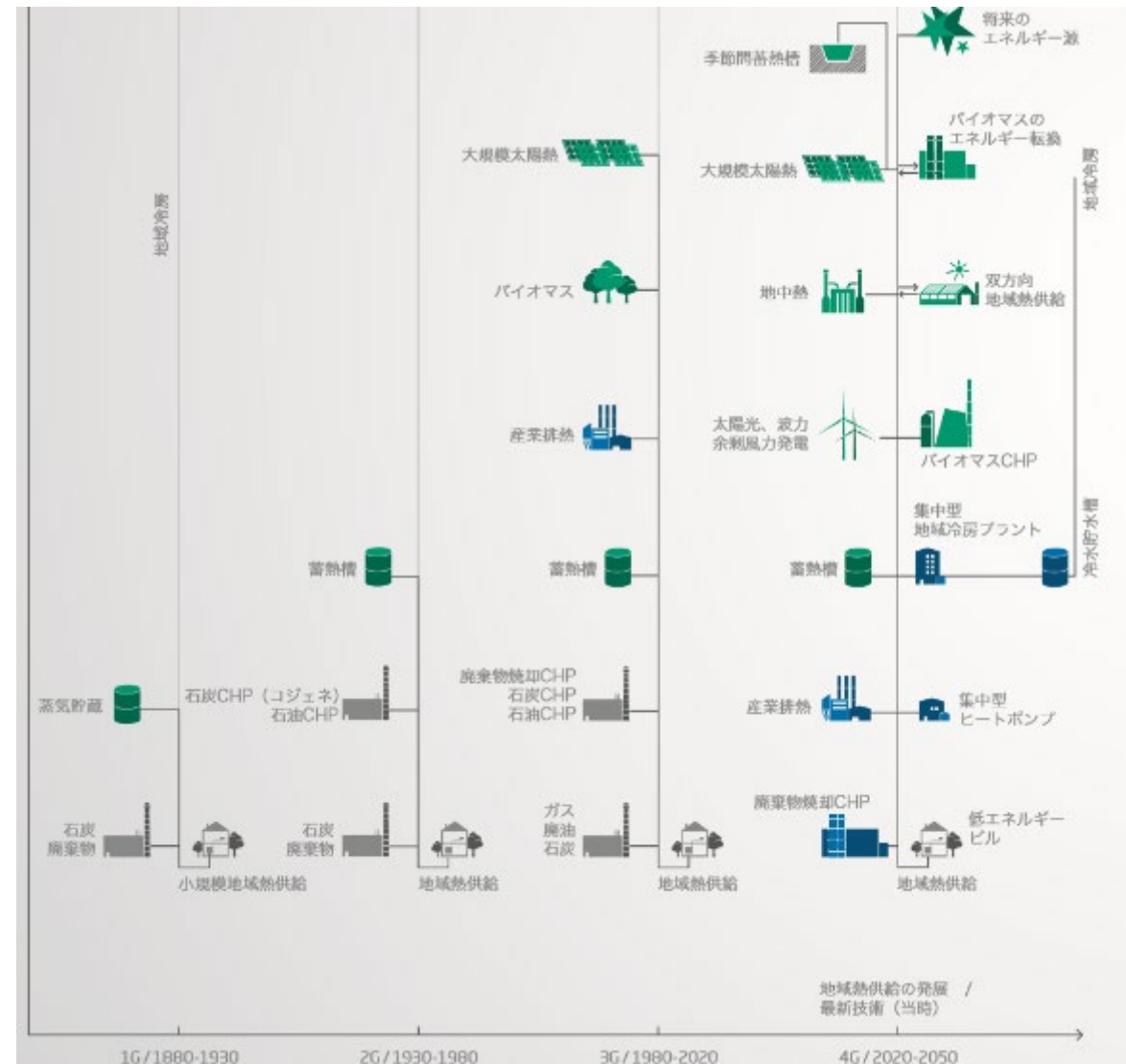


地域熱供給の熱源（2015）

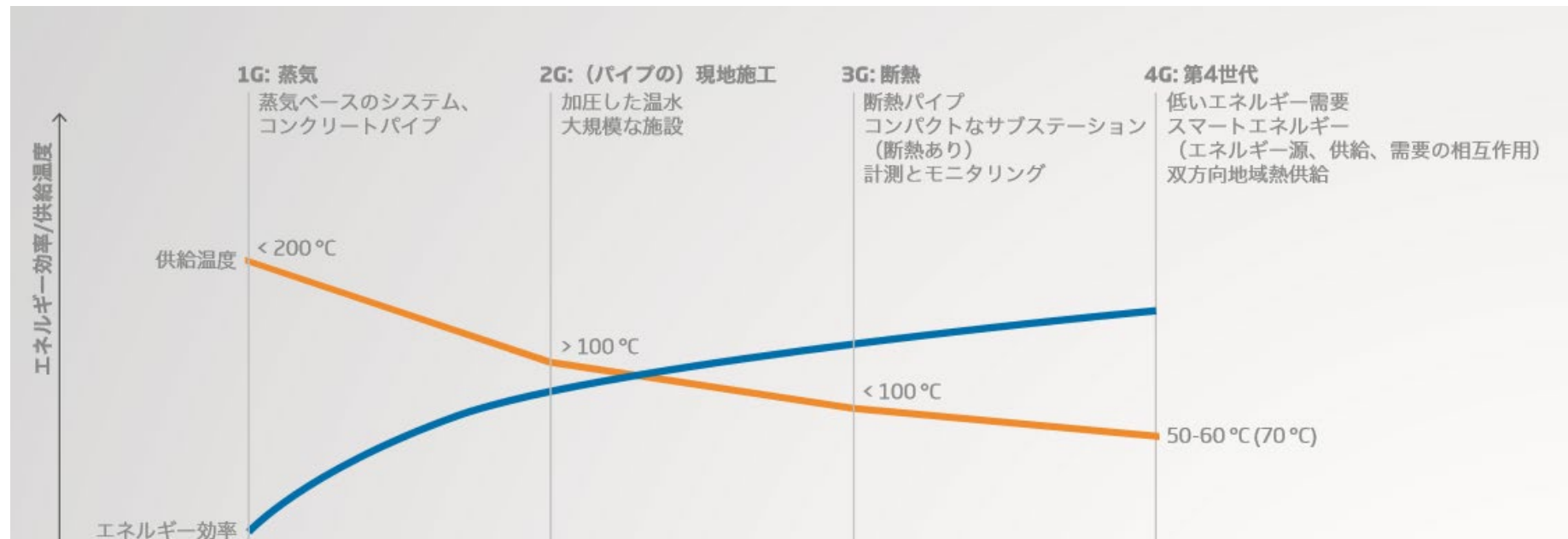


第4世代地域熱供給- 1. 熱源の多様化

- 再生可能エネルギー
- 未利用熱
- 廃熱



2. 供給温度の低下



蓄熱の必要性

- 熱生産と消費のタイミングを分離
- 短期間蓄熱（2-3日）
- 季節間蓄熱
- エネルギー効率、経済両面から見てすぐれているエネルギーの貯蔵手段

エネルギーを貯める手段は
電気を電池に貯めるだけではない！



エネルギー貯蔵

再生可能エネルギーが増えると
エネルギー生産と消費を分離させる必要性が高まる



揚水式発電所

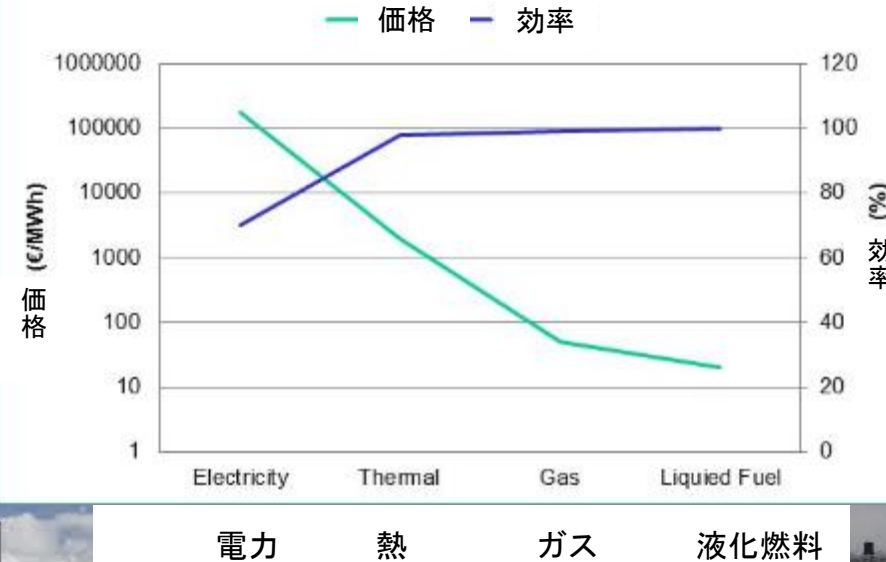
Pump Hydro Storage: 175 €/kWh



天然ガス地下貯蔵庫

NG Underground Storage: 0.05 €/kWh

エネルギー貯蔵： 価格と効率



蓄熱槽

Thermal Storage: 1-4 €/kWh



重油タンク

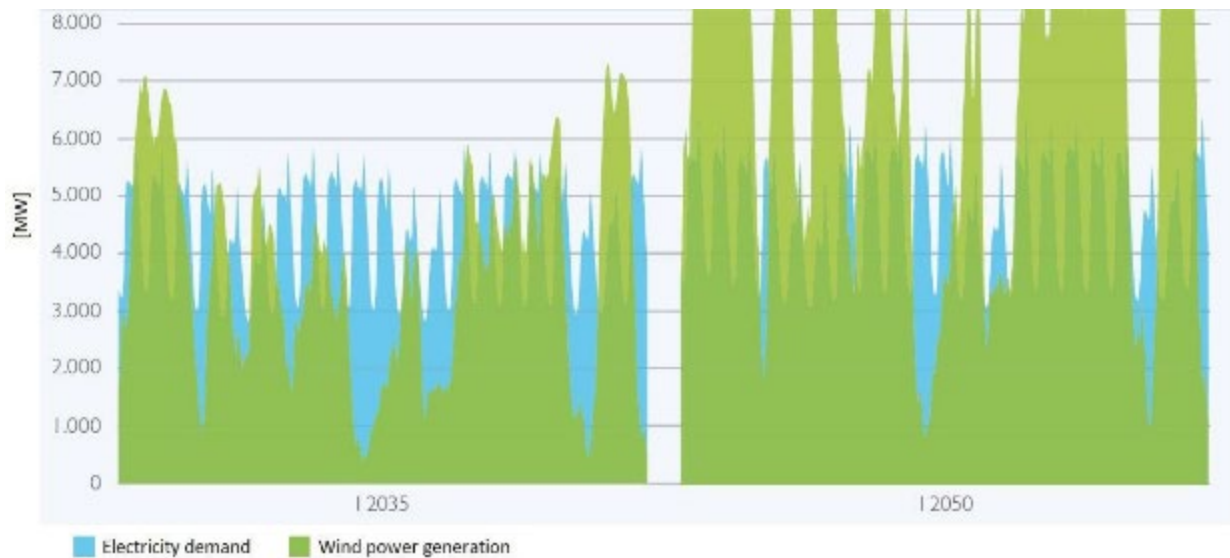
Oil Tank : 0.02 €/kWh

Source: Lund et al 2016

UDENRIGSMINISTERIET, MINISTRY OF FOREIGN
AFFAIRS OF DENMARK

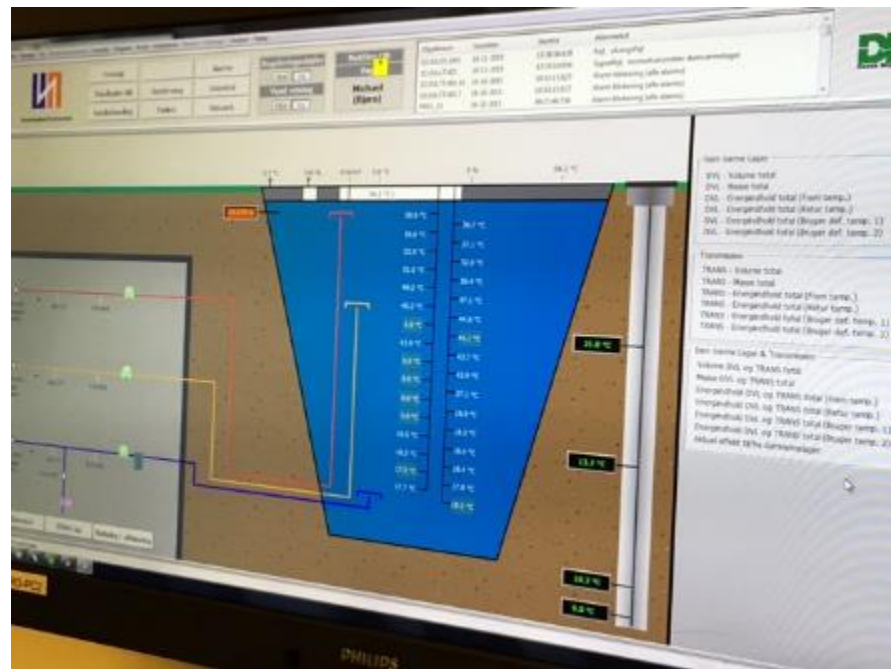
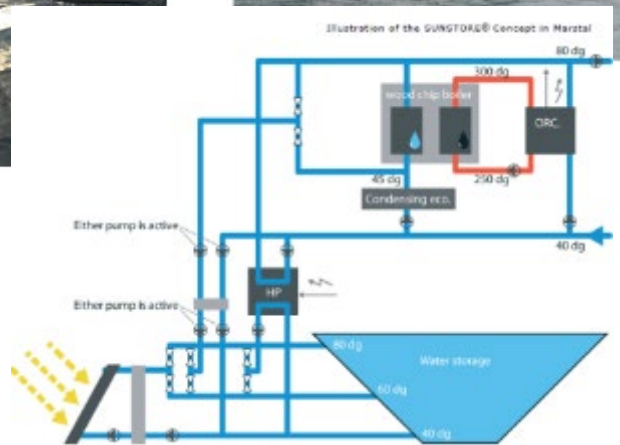
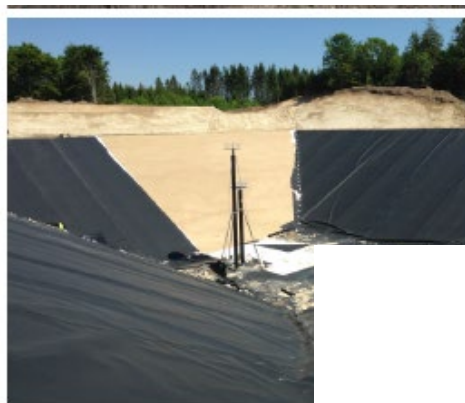
蓄熱設備 Accumulator = 電池

- 大規模の蓄熱設備は週末の電力価格が安い時にプラントを停止することができる
- 一日の中の熱需要の変動を吸収
- 売電価格の変動によって熱を(蓄熱設備から)供給
- 再生可能エネルギー (主に風力発電) 出力変動を吸収



電力供給と需要（イメージ図）



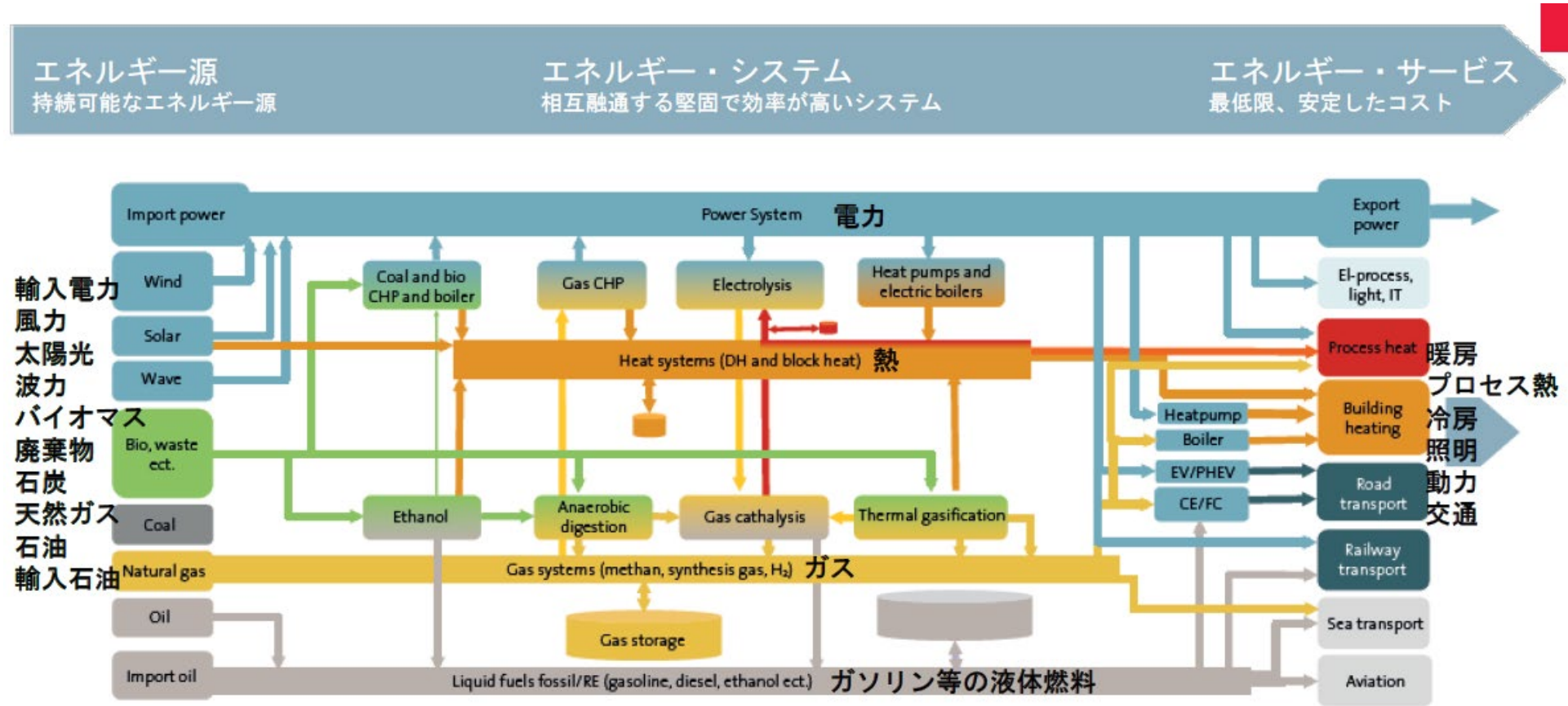


エネルギー媒体の総合融通 - 麦わら



- ここ30年、農業活動の副産物の麦わらは燃焼して主に熱として利用（一部プラントではコジェネで発電も）
- わら市場が形成され、農家の副収入に
- 風力発電が増え、電力を消費することに対して対価が支払われる時間帯がある
- 余剰電力を使った蓄熱、熱供給が増える
- 麦わらはメタン発酵係数が高い
- バイオガスからは電力・熱生産だけではなく改質（アップグレード）して天然ガス網に注入可能（推奨すべく規制緩和を実施済）
- 追々はバイオガス車やバイオガス・フェリーなどに使えるし、ガスは貯蔵が利く
- ワラはよりメタン発酵（バイオガス・プラント）へ

デンマークが目指すエネルギーシステム



ロバストでエネルギー媒体が相互融通し、エネルギー効率も
経済性も高いエネルギー・システム

<https://www.energinet.dk/SiteCollectionDocuments/Danske%20dokumenter/Klimaogmiljo/Energy%20concept%202030%20-%20Summary.pdf>

日本でも一定の**熱需要**があって、
現時点ではほとんどが化石燃料が使われている

地域熱供給は限定された箇所で熱を作ることにより
効率がいい。バイオマス・太陽熱などの再生可能エ
ネルギーを導入易いし、太陽光・風力などの変動を
吸収する役割を果たしている

第4世代地域熱供給は熱供給の効率を追求し、
未利用・廃熱の活用が進めることができる

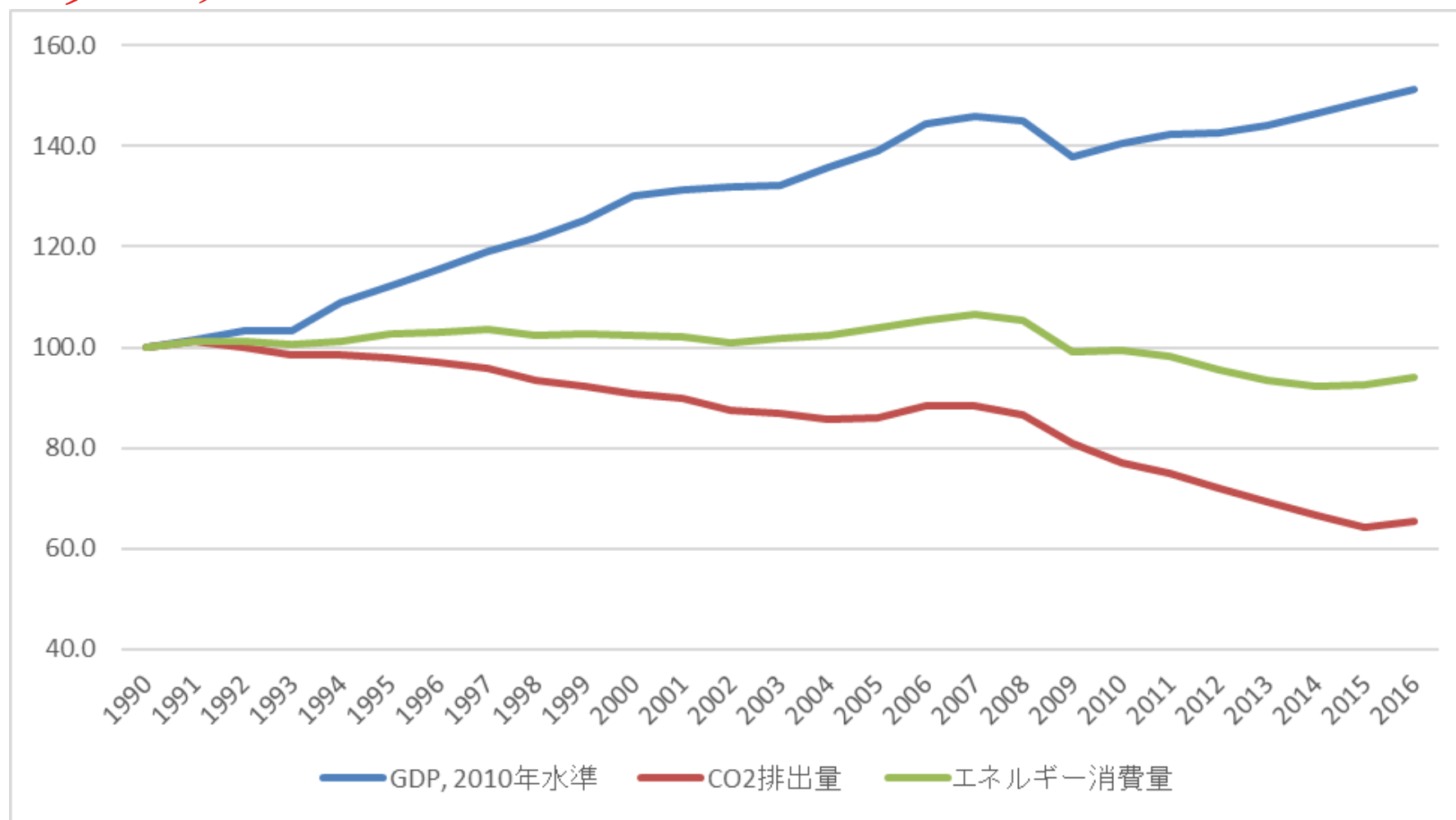
日本でも熱利用、地域熱供給、第4世代地域熱供給が
より効率の高いエネルギー・システム構築に役立つことができるか??

参考資料- デンマーク全般・エネルギー全般

	Japan	Denmark
人口	 1億2,680 万人	571 万人
国土面積	 37万7,944 km ²	4万3,098 km ² グリーンランド 217万 km ²
人口密度	 336 人/km ²	131 人/km ²
GDP	 4兆4,126億 US\$	3,018億 US\$
1人当たり GDP	 32,486 US\$	52,114 US\$
幸福度*	 53 位	1 位
働く人の 幸福度**	 47 位	1 位

GDPはIMFによる名目値 * World Happiness Report ranking in 2016 ** Global Workforce Happiness Index 2016

経済成長とエネルギー消費／CO2排出量の デカプリング



Danish Energy Agency <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/figures2016.xlsx>

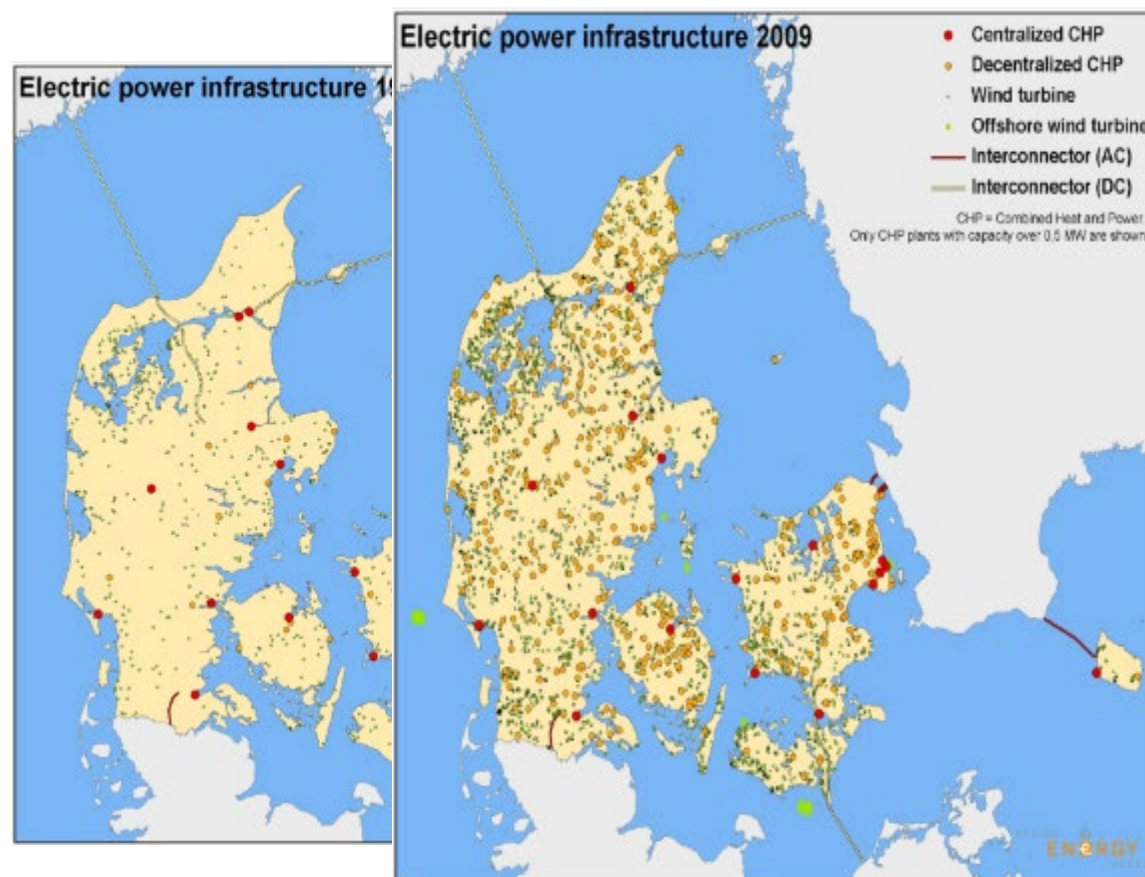
エネルギー合意－2018年6月29日

- 2030年までに3カ所の洋上風力発電所を建設（総発電能力2400 MW）
- エネルギー源を限定しないグリーン電力の入札プロセスに、約5億6400万ユーロ、約740億円を確保
- バイオガスの生産拡大のために約5億3700万ユーロ、約705億円を投入
- 2021から2024年まで、主に産業セクターの省エネを目的とした市場ベースの補助金プールに年間5億デンマーククローネ
- 再生可能エネルギーの利用拡大のために2025年に約5400億ユーロ、約70.5億円の準備金を投入。2026年以降は年間約6700万ユーロ、約88.1億円
- 2030年までに国内発電用の石炭使用を段階的に削減することに各党が合意。同様の目的を掲げる国際的イニシアチブに参加 など

<https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/new-danish-energy-agreement-a-green-focus-towards-2030/> 英文のみ

集中型から分散型エネルギー供給へ

過去25年間にけるエネルギー生産分布の変化



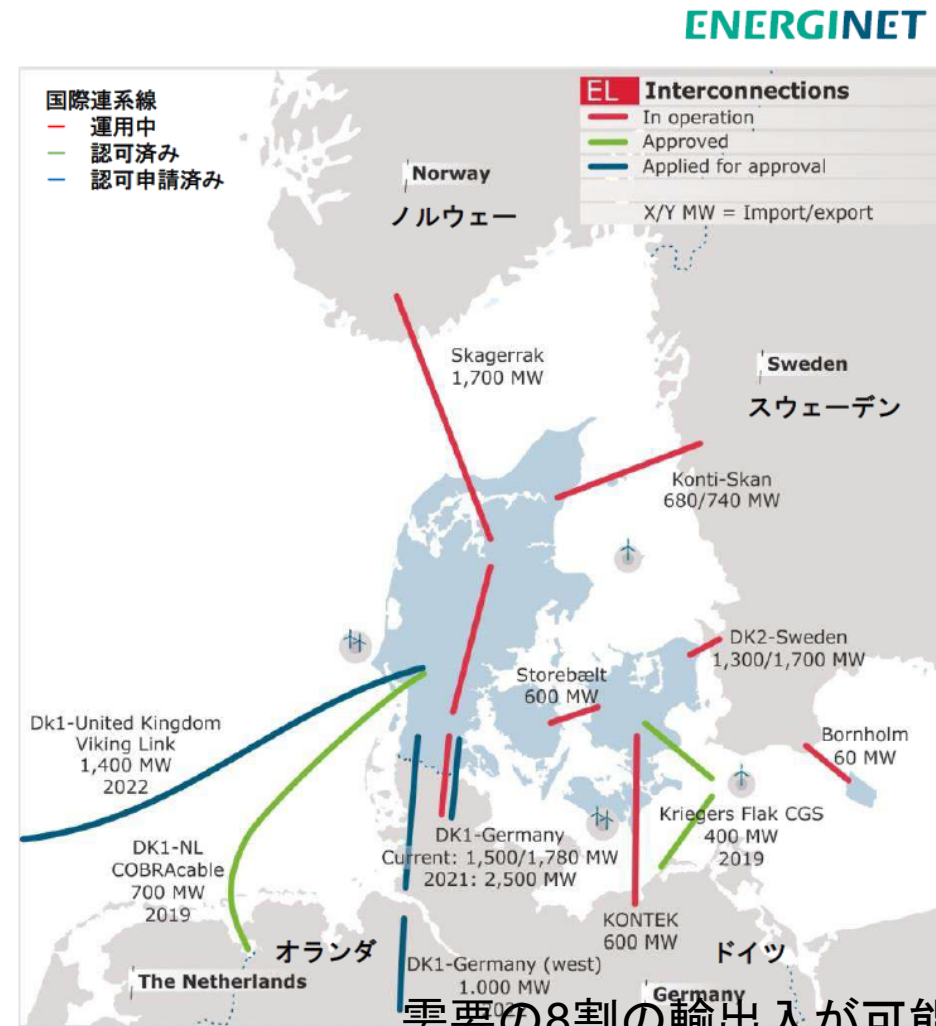
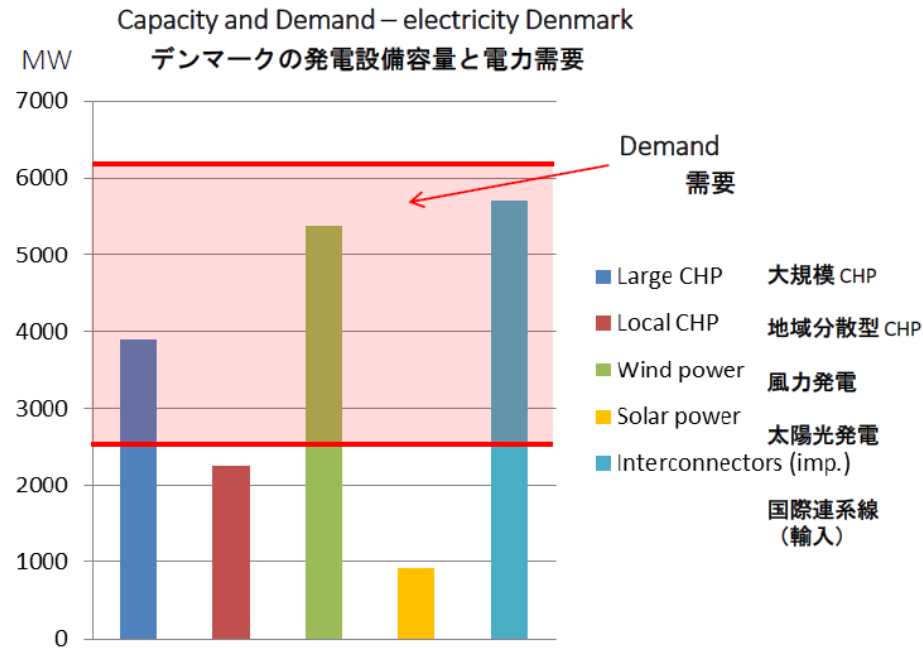
大量の再生可能エネルギーの導入を可能とする電力網

THE DANISH ELECTRICITY SYSTEM

デンマークの電力システム

- CAPACITY BALANCE

容量バランス



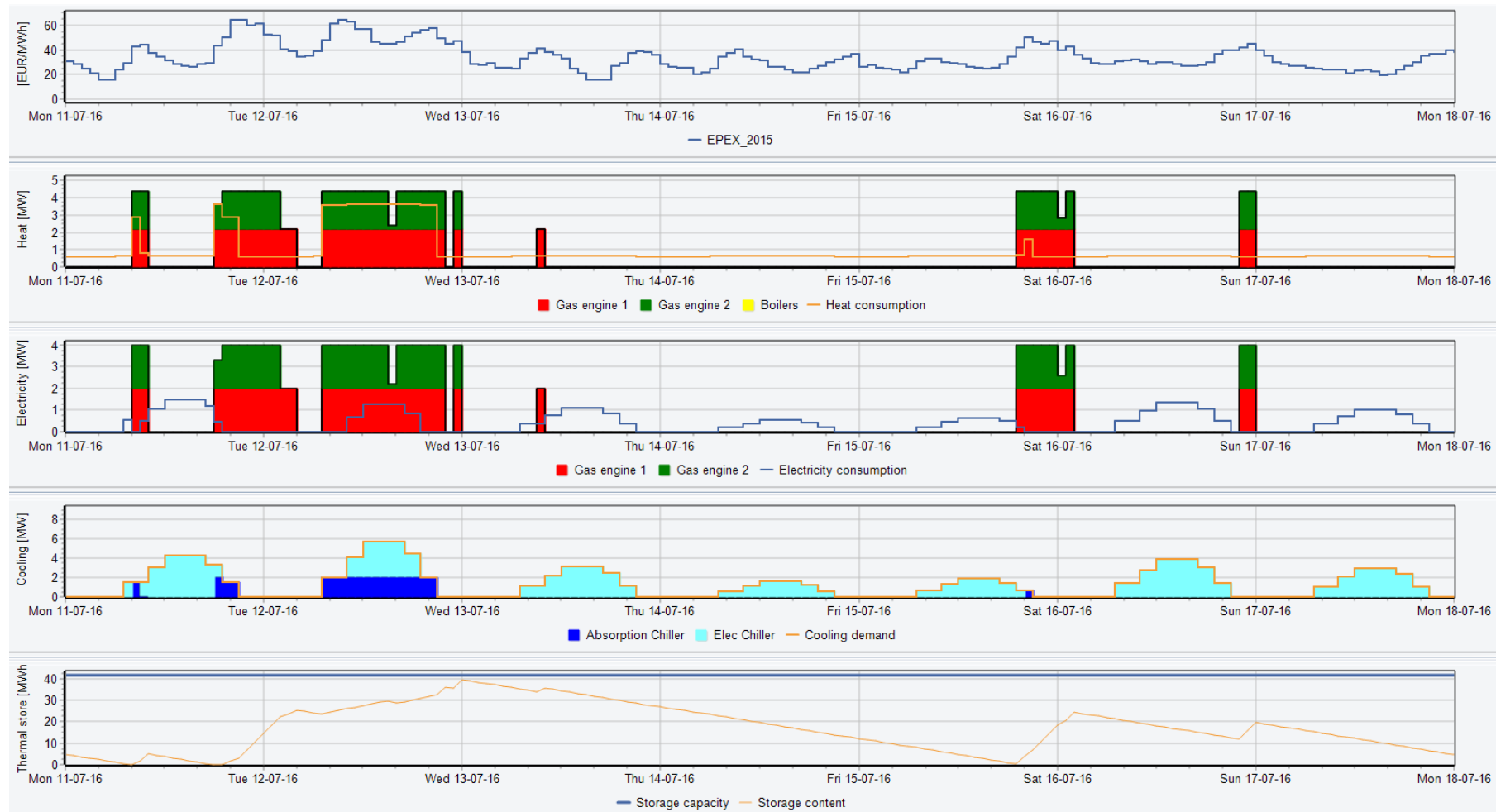
需要の8割の輸出入が可能な電力網を構築

電力網に関してはこちらをご覧ください

https://www.renewable-ei.org/pdfdownload/activities/02_Energinet_Peter.Brgensen.pdf

参考資料- 地域熱供給の関連技術

電力価格、熱需要、熱供給、吸収冷却設備、蓄熱 などのデータに基づいたEMS



需要側の設備

熱交換- 暖房・給湯



温水によるパネルヒーター



スマートメーター

- 熱消費の見える化
- デマンド・レスポンス



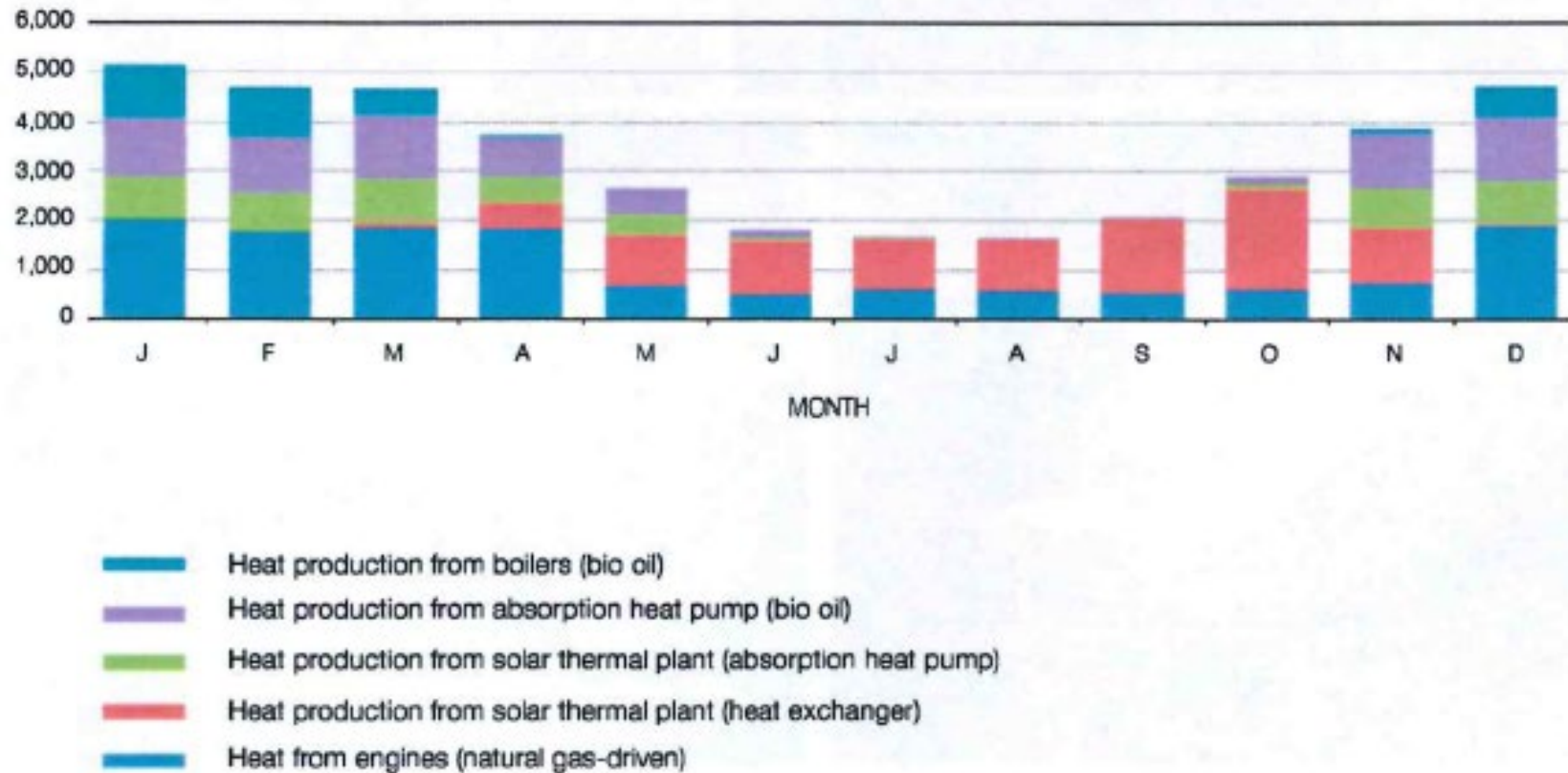
太陽熱利用- dr onningl und



<http://www.drlund-fjernvarme.dk/>



Dr onninglundの年間熱（お湯） 供給量



参考資料- 地域熱供給の事例

大規模地域熱供給システムーコペンハーゲン広域

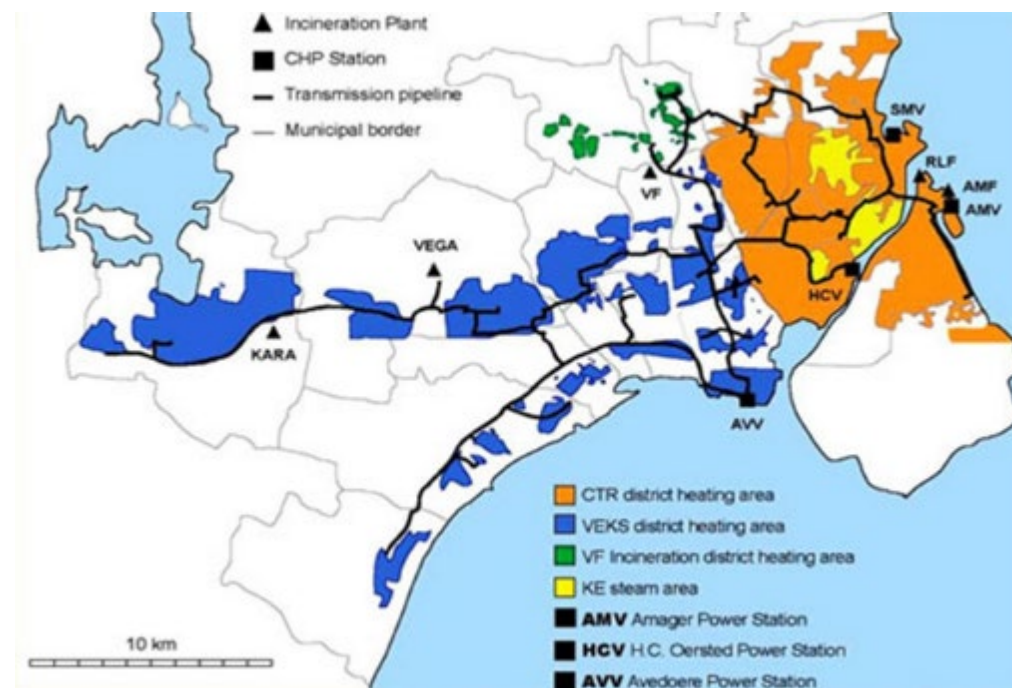
22自治体、100万人に供給

熱源

廃棄物焼却炉 (25%)

発電所=CHP (70%)

ボイラー (5%)

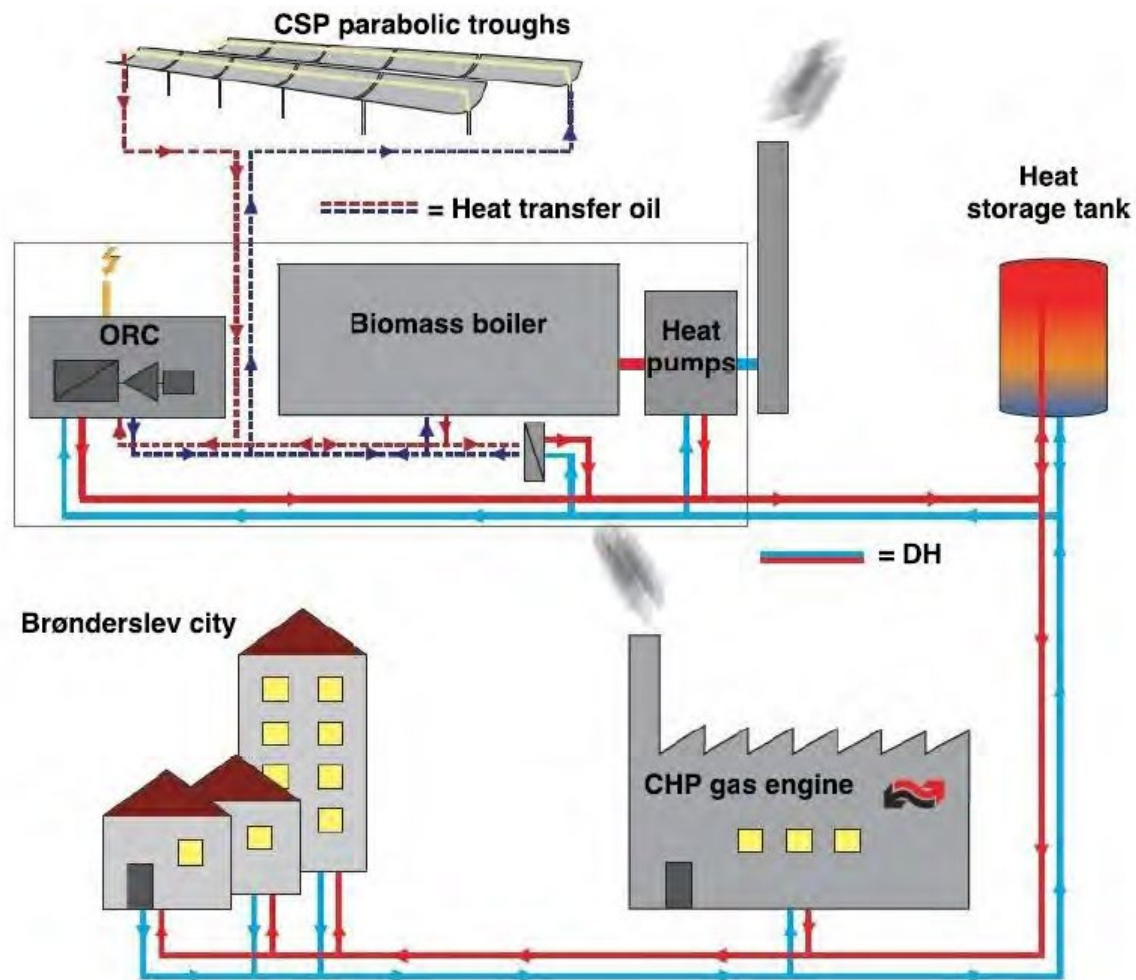


Brønderslev Utilities

- 100%自治体所有
- 4600世帯の地域熱供給
- 6000世帯の給水
- 15000世帯の排水処理



BIO-CSP-ORC



BIO-バイオマスボイラー
CSP-集光型太陽熱発電・熱利用
ORC-有機ランキンサイクル

BIO-CSP-ORC



5 km parabolic sun troughs ("CSP")
Peak effekt: 16.6 MWh



2 Biomass boilers a 10 MWh



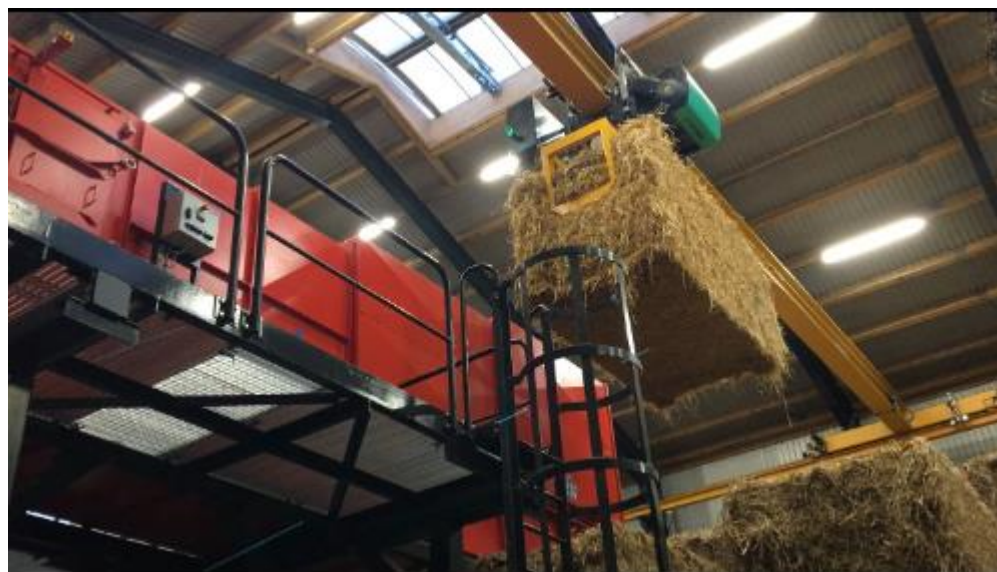
1 Powerproducing
ORC-turbine (4 MW-el)



3 Heatpumps

Oster Hor num

- 分散型地域熱供給
- ワラボイラー （熱供給のみ） 2.9MW
（1ベール（約2.5 x 1.3m x 1m）=600kgワラ=2500kWh）
- 合計15kmの熱導管（7km本管）
- 375世帯
老人ホーム
学校が接続



小規模の熱供給-Foens 地域



FOENS 地域熱供給の概要

- 200kW木質チップボイラー x 2
- 運営コストを抑える為、使わなくなった農業用の建物
- 専任従業員なし、理事(報酬なし)がメーカーと共同で
- 無人運転、不具合はネット回線を通じて担当者（理事）に通知
- 設備投資に国からの補助金なし、但し銀行から受ける融資の保証人に自治体になって低金利で借りれる
- 接続義務なし、現在43家庭が接続



参考資料- 熱供給のベースロードとしての Waste-to-energy 廃棄物熱電併給

廃棄物のエネルギー利用-Waste-to-energy

ごみ焼却炉にて

「ゴミを燃やす（いらない物を処分する）のではなく
住民のエネルギーを作っている」

デンマークの住宅暖房需要の12 % は廃棄物由来



例: アマー・バゲ amager bakke

- 首都コペンハーゲンと周辺4都市の自治体が所有
- 築43年のプラントの隣地に新プラントが稼動開始
- 既存プラントは50万人分の廃棄物、年間40万t（2011年）を焼却→12万世帯分の熱と5万世帯分の電力
- 新しいプラントは既存のプラントよりエネルギー効率25%向上



アマー・バゲ amager bakke (続)



コンペの条件

- ① 美しい建物
- ② 市民が集うことができる場所
- ③ 見学・学習施設



<https://www.a-r-c.dk/amager-bakke>

NIMBY (not in my backyard)からの脱却

世界遺産の教会がある街の焼却炉

