



MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS
OF DENMARK

デンマークの脱炭素化戦略 ～地域熱供給とセクターカップリング

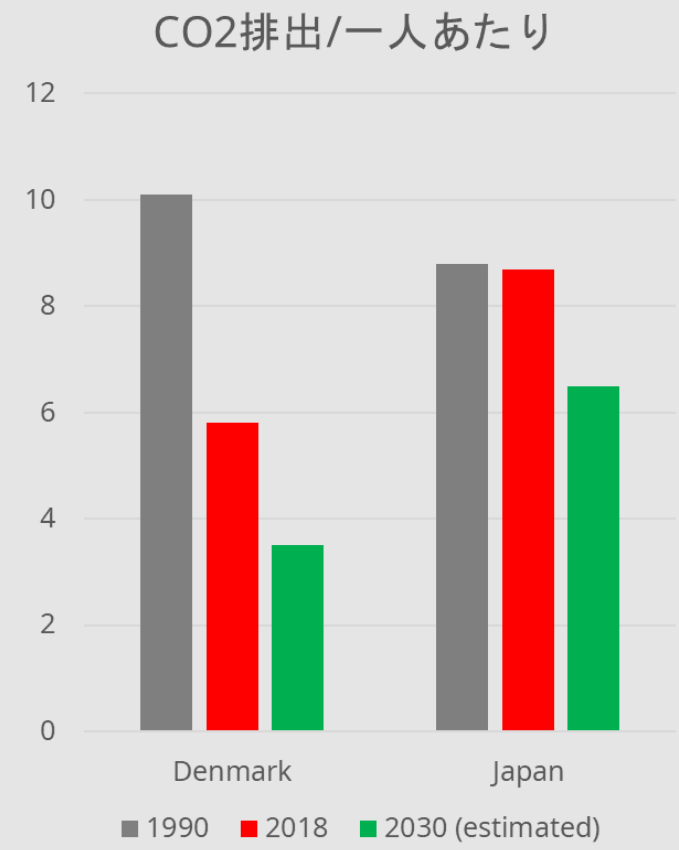
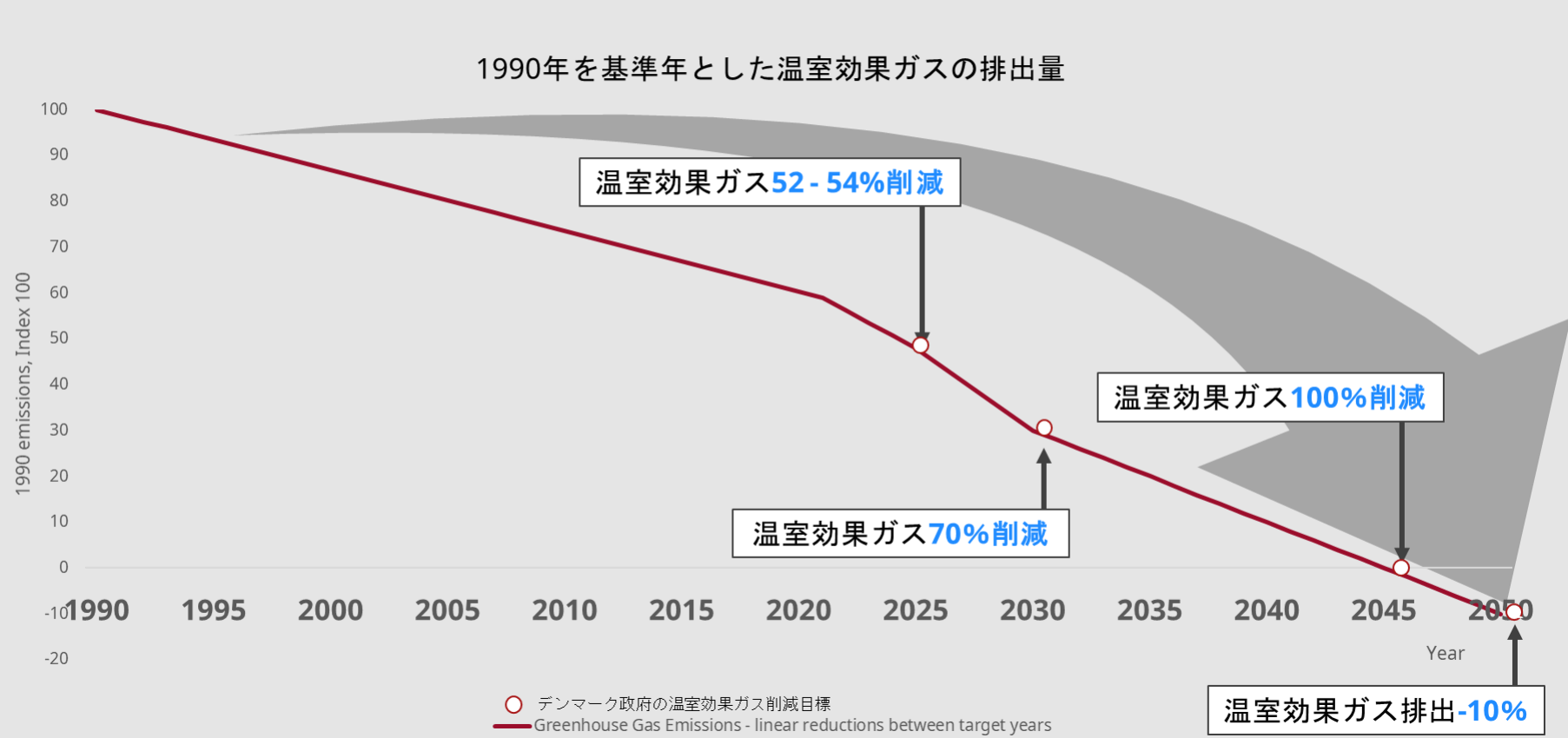
2023年3月27日
デンマーク王国大使館
田中 いずみ

• 実績と目標



*2012年策定当時、与野党、国会議員 9 割以上(179人中170人)からの支持を得る

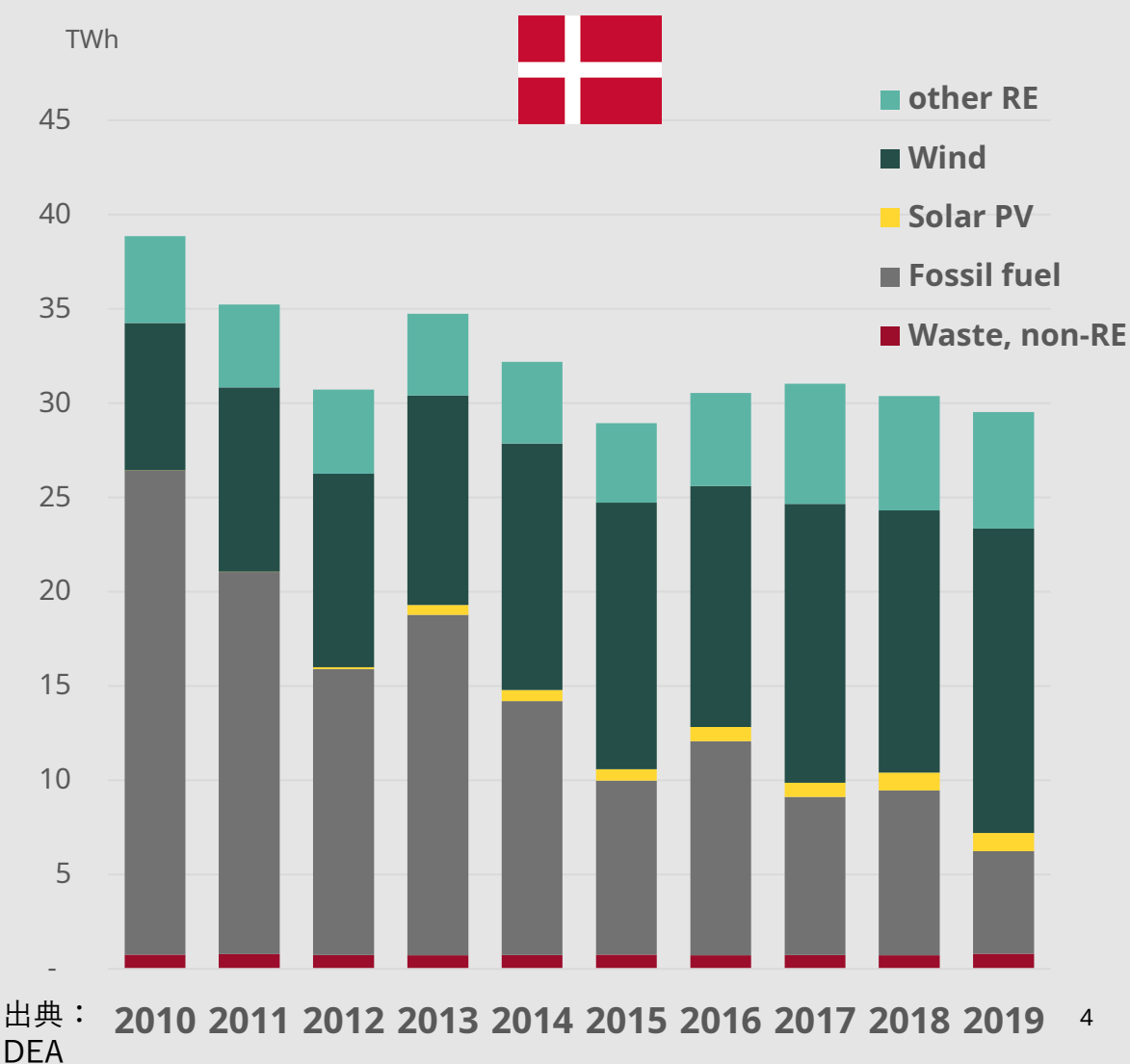
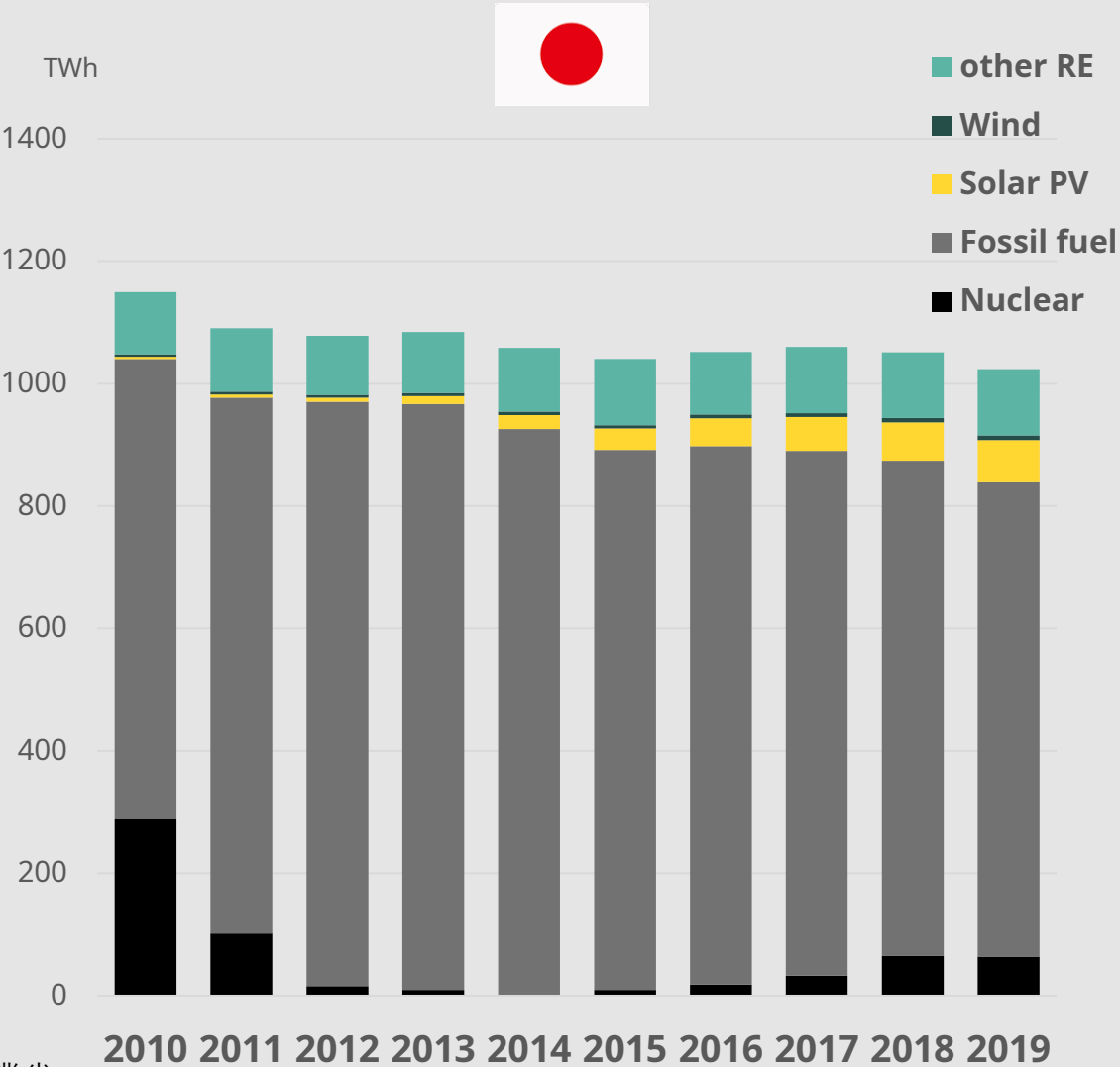
デンマークは2050年までに温室効果ガスの「純吸収国」に



Source: The Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities, data covers all GHG-emissions in Denmark

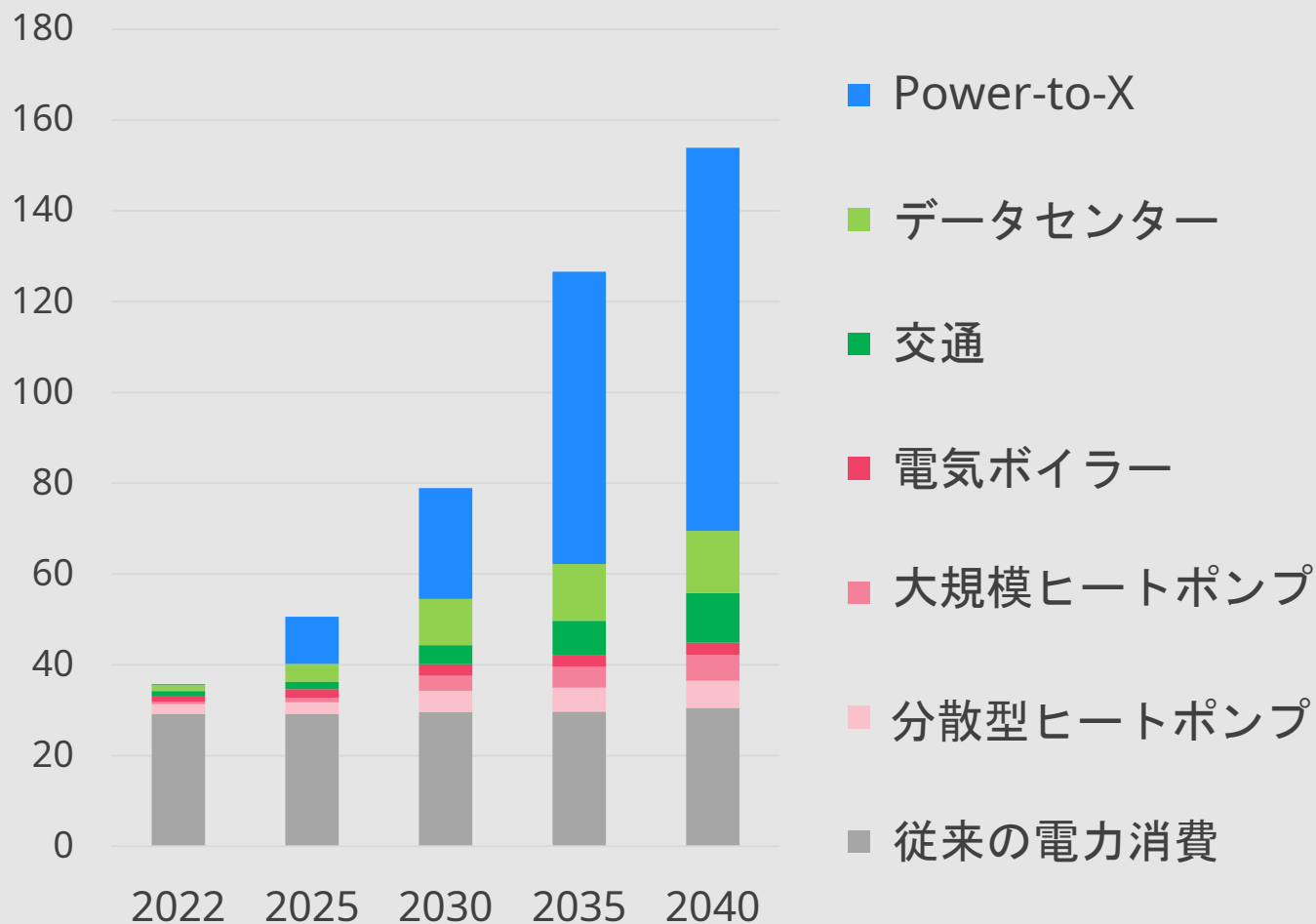
電力生産に占める再エネシェア

- 変動性再生可能エネルギー（VRE）が半分を超え、割合としては世界最大に



カーボンニュートラルなエネルギーシステムは、 どのような姿になるか？

電力消費, TWh



1. 熱部門の電化
2. 交通部門の電化
3. 電化が難しい部門での
Power-to-Xによる間接電化

→ ありあまる再エネ電力を
できる限りそのまま活用
するエネルギーシステム

2020年5月発表CO2 削減を実現する6つの優先的取り組み

1. 洋上風力専用のエネルギー島
2. グリーン燃料、PTX、二酸化炭素回収・貯留(CCS)
3. 建物のエネルギー効率アップ
4. 地域熱供給または電動ヒートポンプによるグリーン な暖房
5. 企業によるグリーンエネルギーとエネルギー効率化
6. 2030年までにクライメートニュートラルに

<https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/green-energy-islands-renovated-buildings-and-climate-neutral-waste-danish-government-has-a-new-climate-action-plan/>



デンマーク X 水素

- グリーンな水素-
再生可能エネルギーの変動の吸収
余剰電力の活用
- PtXからの排熱を地域熱供給で活用
- 運輸部門の低炭素化

セクター・カップリングの役割を果たす



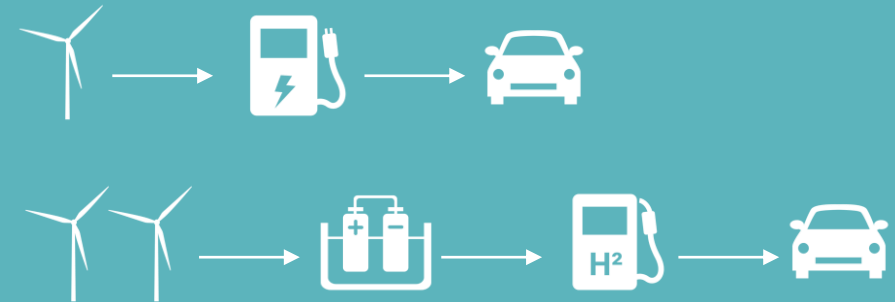
デンマークにおける**PTX**の用途

ー電化によるエネルギー効率化の例

- 直接電化はより少量の再エネ、エネルギーロスで可能
- 直接電化は安価な選択肢であり、分野によらず可能な限り優先されるべき
- 早すぎる段階でのPower-to-Xの適用はグリーン転換や温室効果ガス削減を遅らせる可能性がある
- 直接電化とPower-to-Xのエネルギー需要：
 - 水素自動車は電気自動車の2倍以上のエネルギーを消費
 - 暖房用途の水素ボイラーはヒートポンプと比較してエネルギー消費が約5倍

直接電化とPower-to-Xのエネルギー需要

電気自動車 vs 水素自動車



2倍以上のエネルギーが必要

暖房: ヒートポンプ vs 水素ボイラー



約5倍のエネルギーが必要

PTX – 何故デンマークなのか？

- 風力発電/活用の面で世界のリーダー
- 2019年12月、電力を3日間連続風力発電で賄う—再生可能エネルギーの変動を吸収PTXのための再生可能エネルギーと場所を提供可能
- 電気供給保障99.996%（停電がない）
- 輸出のためのグリーン燃料製造関連設備（ガスシステム、水素パイプライン、タンカー等）
- グリーンな水素を貯蔵するための岩塩空洞を提供可能
- PTXからの排熱を利用した 地域熱供給基盤（二次ビジネスケース）



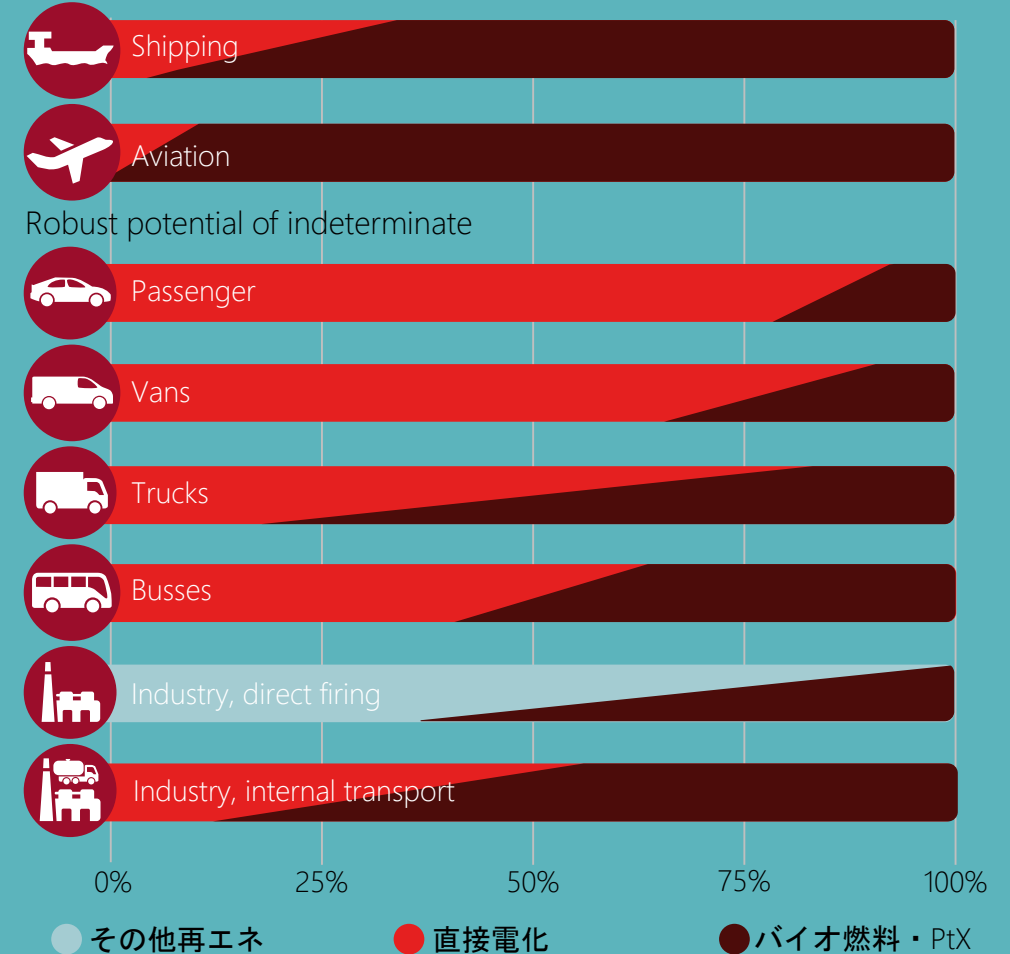
デンマークにおける**PTX**の用途

—他に安価な選択肢がない分野に限定

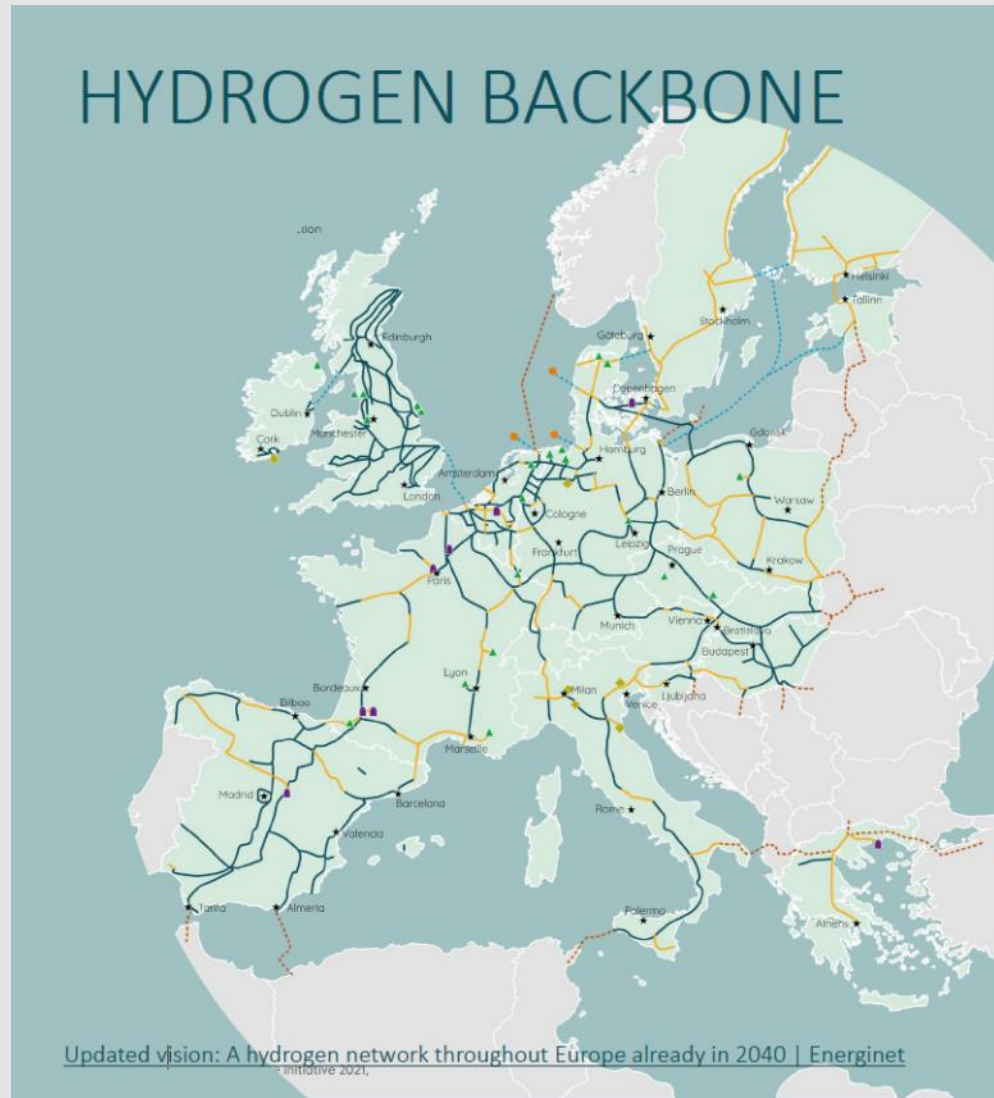
- Power-to-Xは直接電化が可能な分野では競争力を持たない
- グリーン水素やe-fuelは中長期でバイオ燃料より安価になる見込み
- 船舶や航空分野では中心的役割を担う可能性大
- そのほか陸上交通、産業、農業や（軍事）防衛等の分野では不確実性が大きい
- 熱分野や電力生産においては役割を持たない
理由はデンマークでは下記が安いため：
 - 地域熱供給や暖房におけるヒートポンプ利用
 - ピーク電源としてのバイオガス利用

移行ポテンシャル:

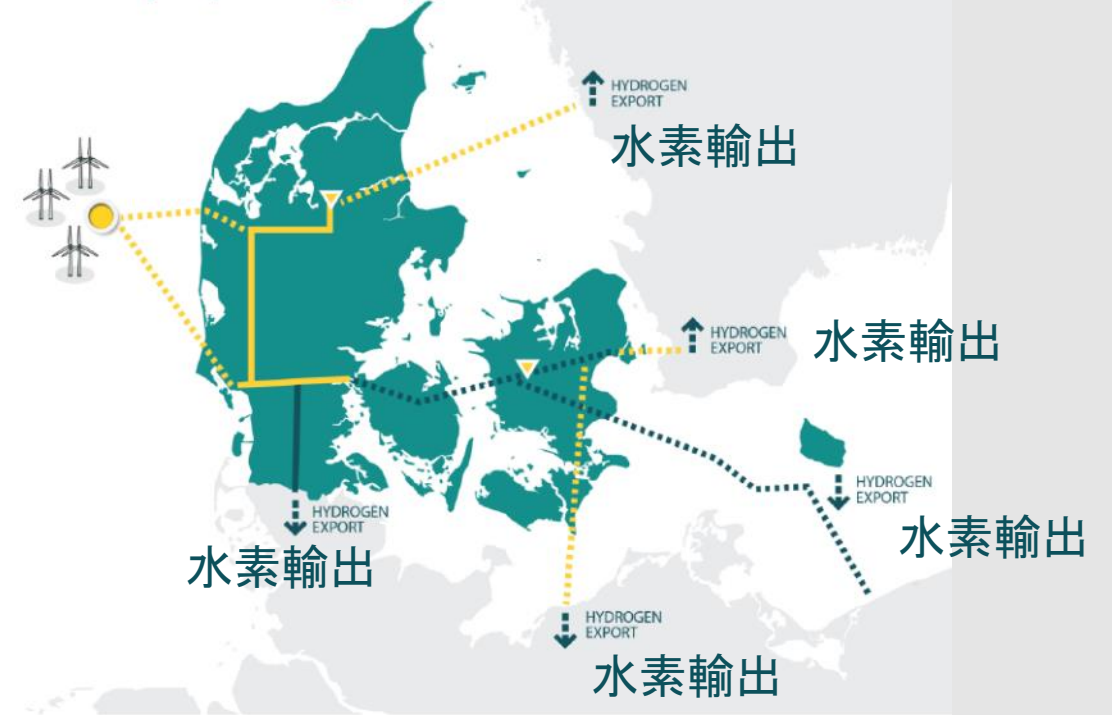
Robust potential



デンマークは今後、グリーン水素の純輸出国に



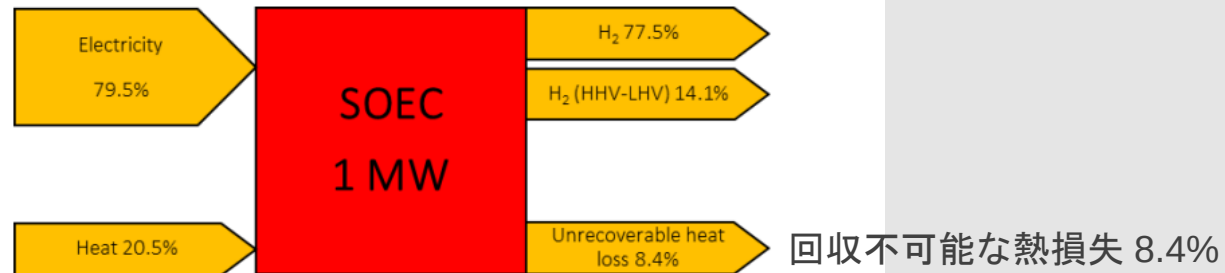
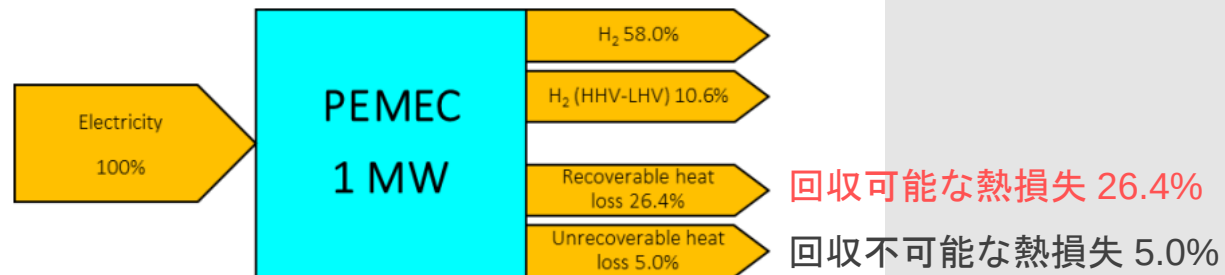
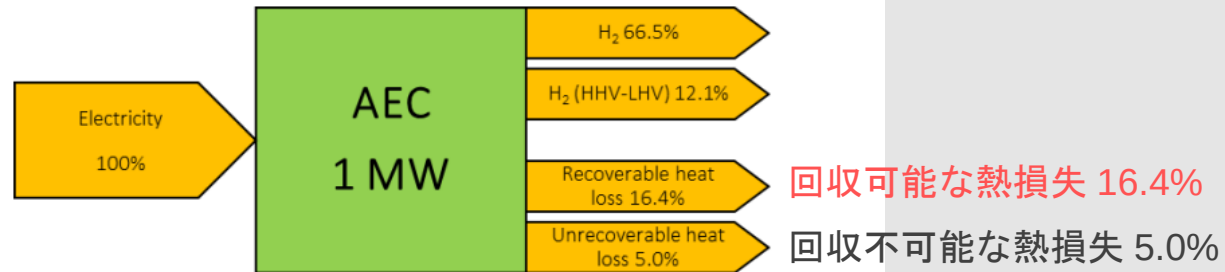
- European, regional and national planning and coordination of infrastructure **ENERGINET**
- 60-75 % of the backbone can be based on repurposed gas pipelines



06-03-2023



グリーン水素の製造からも排熱が生じる



想定余剰熱温度 **50-80°C**



地域熱供給の供給温度によって、

- ・ 直接利用 ないし
- ・ ヒートポンプ併用

の可能性がある、直接利用できる
低温地域熱供給がコスト面で有利

エネルギー効率-廃熱の利用

- デンマークでは世帯の64%が地域熱供給により暖房されているため、二次ビジネスとして電解プラントなどの廃熱を地域暖房に利用することも可能
- 主な利点:
 - 廃熱利用による天然資源の保護
 - 炭素排出量削減
 - 全体的なエネルギー効率の向上
 - 新しい事業 - 地域熱供給企業に55度以上の廃熱を販売することが可能



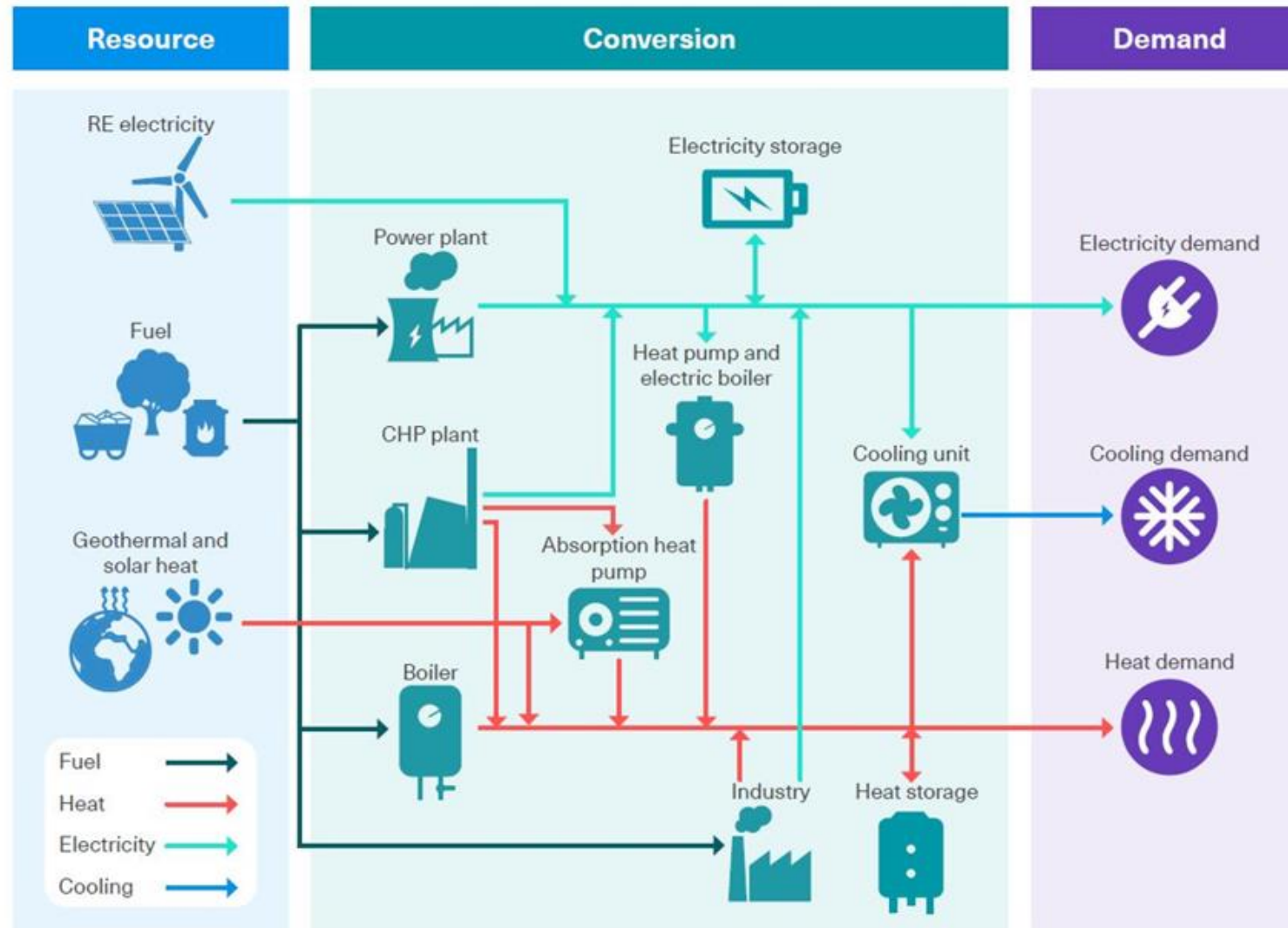
2020年5月発表CO2 削減を実現する6つの優先的取り組み

1. 洋上風力専用のエネルギー島
2. グリーン燃料、PTX、二酸化炭素回収・貯留(CCS)
3. 建物のエネルギー効率アップ
4. 地域熱供給または電動ヒートポンプによるグリーン な暖房
5. 企業によるグリーンエネルギーとエネルギー効率化
6. 2030年までにクライメートニュートラルに

<https://stateofgreen.com/en/partners/state-of-green/news/green-energy-islands-renovated-buildings-and-climate-neutral-waste-danish-government-has-a-new-climate-action-plan/>

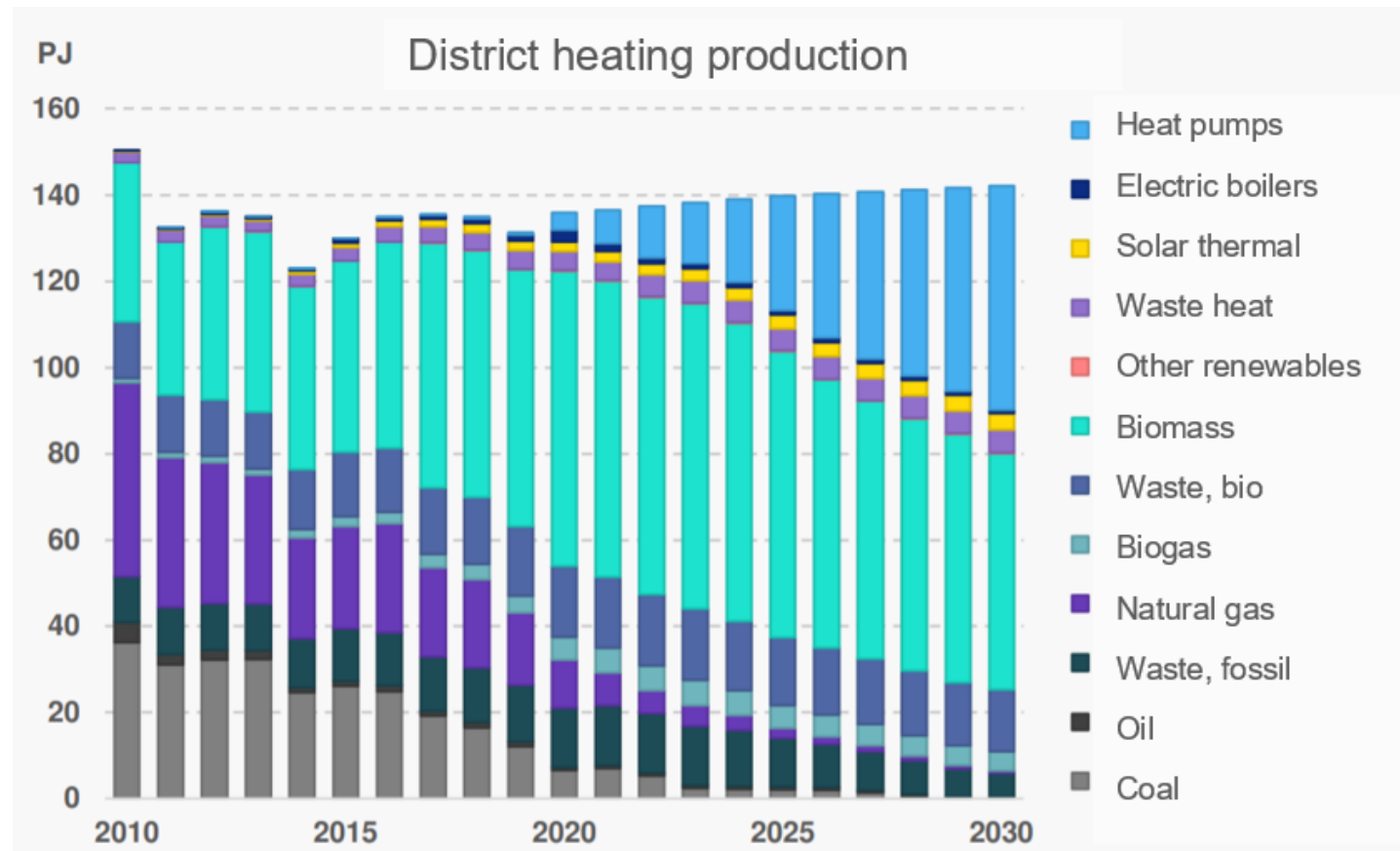


セクターカップリング



地域熱供給の熱源の推移と予測

- 石油、石炭、天然ガスのフェーズアウト
- バイオマスの削減
- 化石由来の廃棄物のエネルギー活用の削減
- ヒートポンプ（注：余剰電力などの電力を使った）の増加
- 地熱、廃熱の活用の増加



蓄熱という選択肢

- 蓄熱は蓄電より大幅に安価
- 蓄熱規模が大規模であるほどなおさら安価

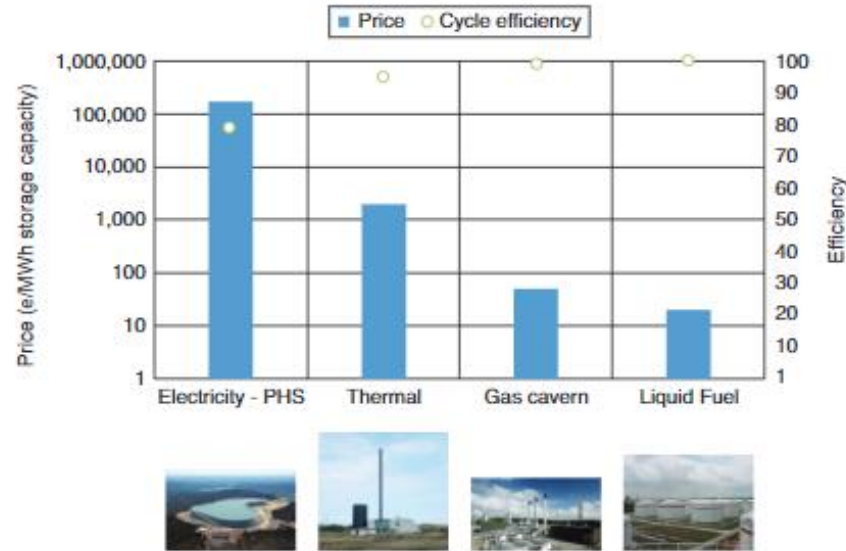


Figure 1: Investment cost and cycle efficiency comparison of electricity, thermal, gas and liquid fuel storage technologies.

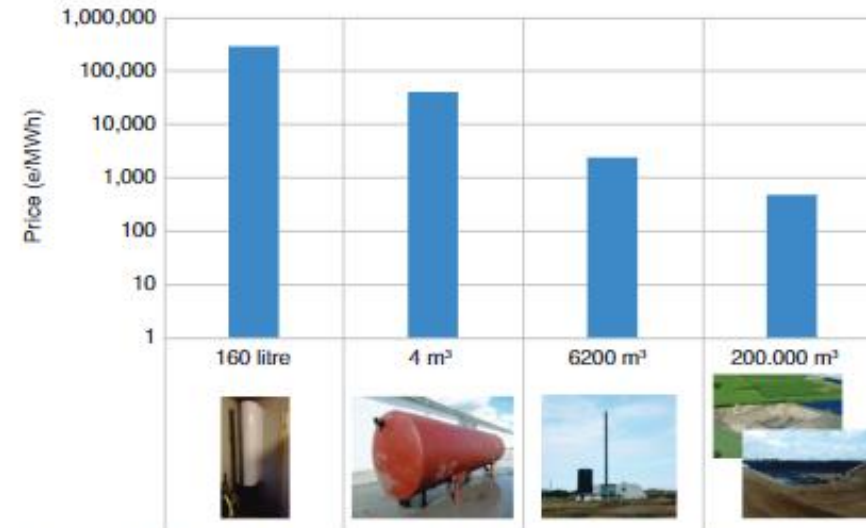


Figure 3: Investment cost comparison of different sizes of thermal energy storage technologies. The sizes correspond to storages for a dwelling, a larger building, a CHP plant and a solar DH system

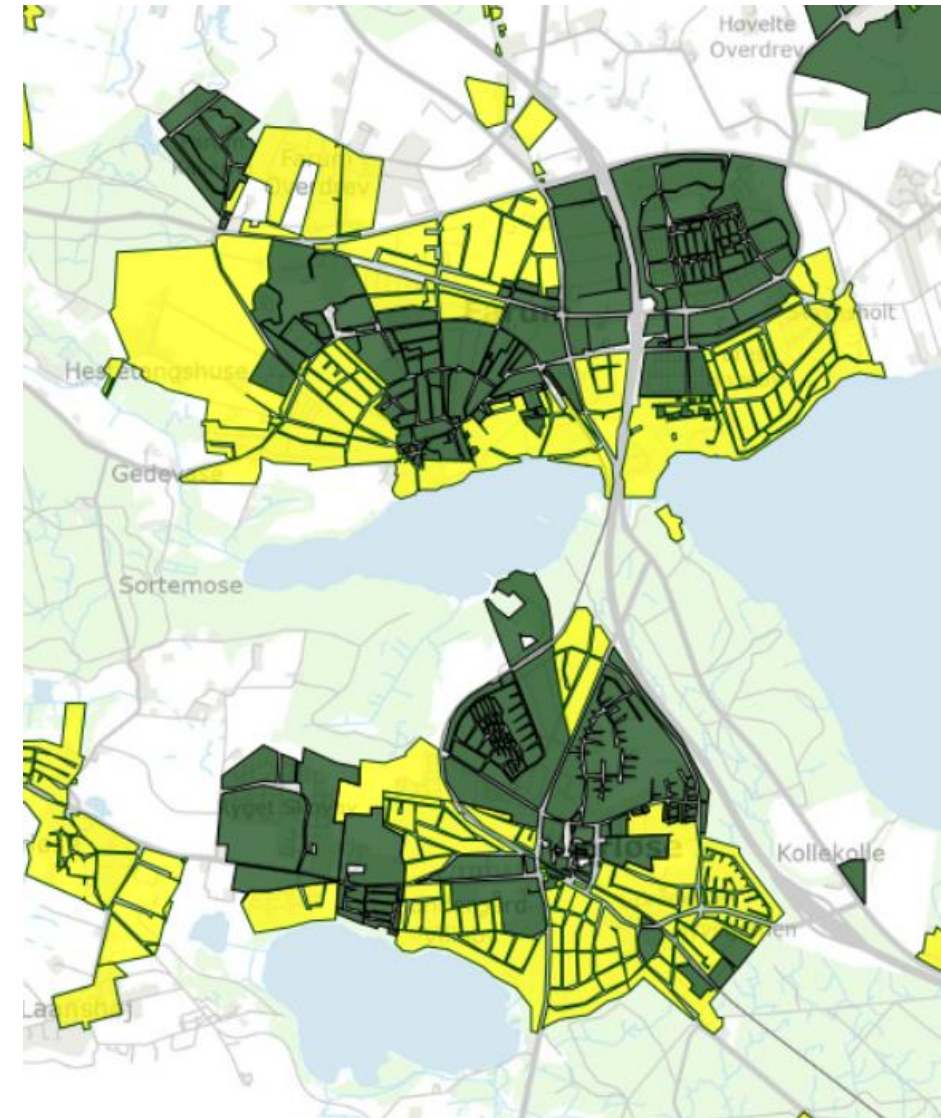
Lund, H., Østergaard, P. A., Connolly, D., Ridjan, I., Mathiesen, B. V., Hvelplund, F., Thellufsen, J. Z., & Sorknæs, P. (2016). Energy Storage and Smart Energy Systems. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 11, 3–14.
<https://doi.org/10.5278/ijsepm.2016.11.2>

最近の法規制の動向

- 自治体は熱利用計画の作成にあたり、化石燃料を除外することが可能に
(注：1980年代頃、国産の天然ガスを活用する為に、天然ガスの利用が義務付けられた熱供給が存在していた)
- 電気を使った暖房利用に対する課税を減少し、ヒートポンプ（注：エアコン）の活用を推進
- 廃熱利用を促進するべく、諸手続を削減— 価格に関する新しい規制、税制度、省エネスキーム
- 地中熱利用に関する新しいルール
- 個別天然ガスボイラーから地域熱供給への接続及び、ヒートポンプの利用促進

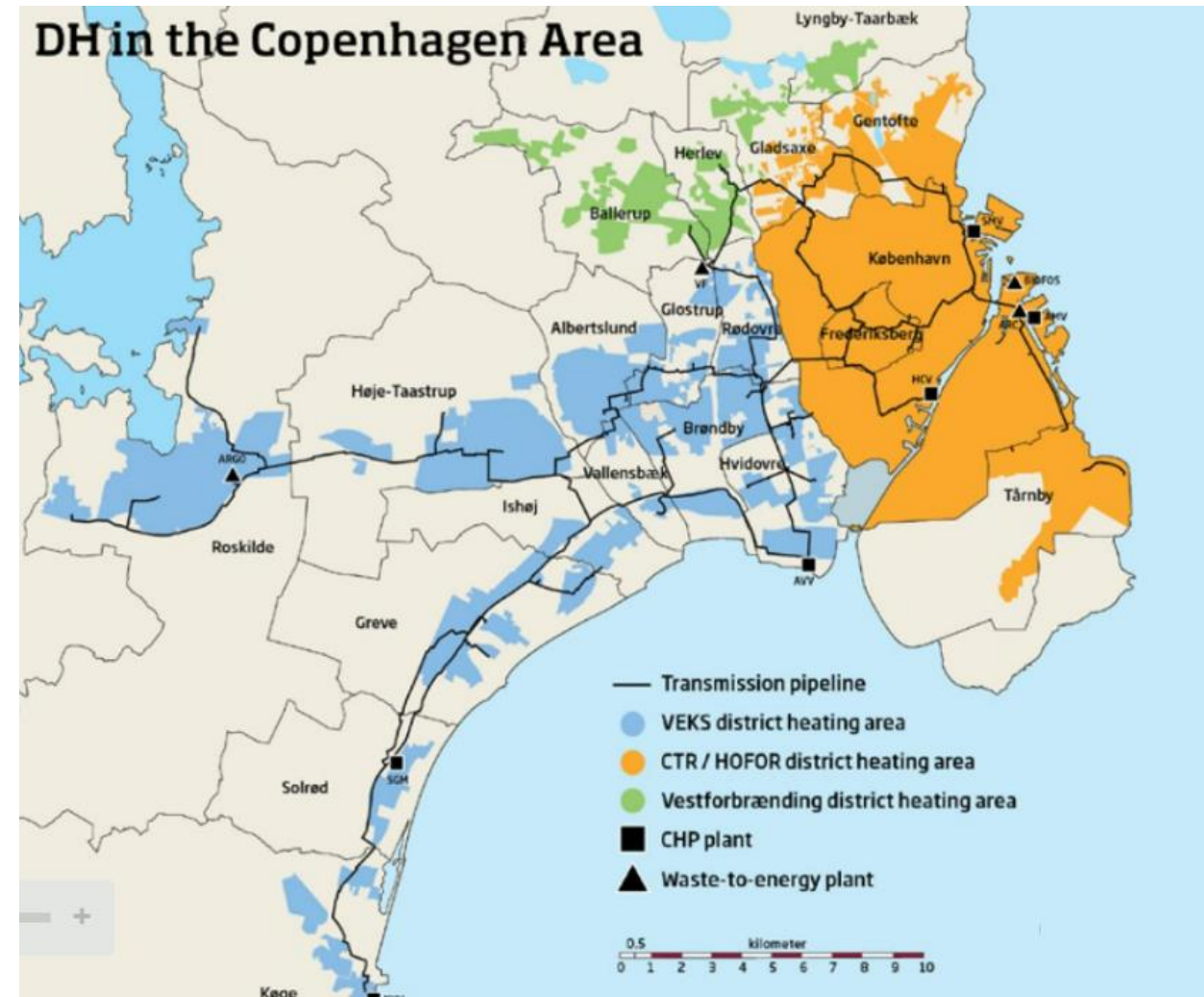
熱計画の加速

- 2022年末までに自治体は
 - なるべく天然ガス供給地域（注：個別のガスボイラーの使用地域）削減する熱計画を作成
 - 天然ガス、石油ボイラーを使っている全家庭に地域熱供給への接続の可能性を調査
- 熱計画に基づいて自治体と熱供給事業者が地域熱供給への接続への転換計画を2023年中に作成
- 完全移行の目標は2028年
- 2022年と23年の熱供給に関するプロジェクトの承認プロセスを簡易化



コペンハーゲン広域の地域熱供給

- 38PJ (2020)
- デンマーク全体の熱需要の約25%
- 集中型コジェネプラント (2150MW)
ヒートポンプ (50MW)
産業排熱・下水排熱
- 2700MWh の蓄熱層



廃棄物焼却施設の排熱も、地域熱供給へ



コペンヒル

- コペンハーゲン中心部にある「廃棄物CHPプラント」
- スキーやボルダリングもできる、市民憩いの「ごみ処理場」
- 廃棄物を燃料として発電、熱供給を行う

HEAT PLAN GREATER COPENHAGEN (コペンハーゲン広域熱計画)

- 大規模ヒートポンプ
- 産業活動からの排熱 （データセンターなど）
- 低温度地域熱供給
- 地中熱の活用
- CCS

[HOT|COOL NO. 1/2023 "AI & Digitalization" \(flippingbook.com\)](#)

日本語での参考資料

