



自然エネルギー財団
RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

デンマークでの セクターカップリング の最前線

4DHフォーラム・セミナー

2026年2月17日



- なぜ今セクターカップリングか
- なぜデンマークはセクターカップリングの最前線なのか
- 電化戦略
- 電力 × 熱
- 電力 × 水素
- 日本への示唆



セクターカップリングとは・・・**エネルギー供給と需要セクターの統合**

電力・熱・輸送・産業などの

異なるエネルギー用途・供給セクターを相互に結びつけ統合する

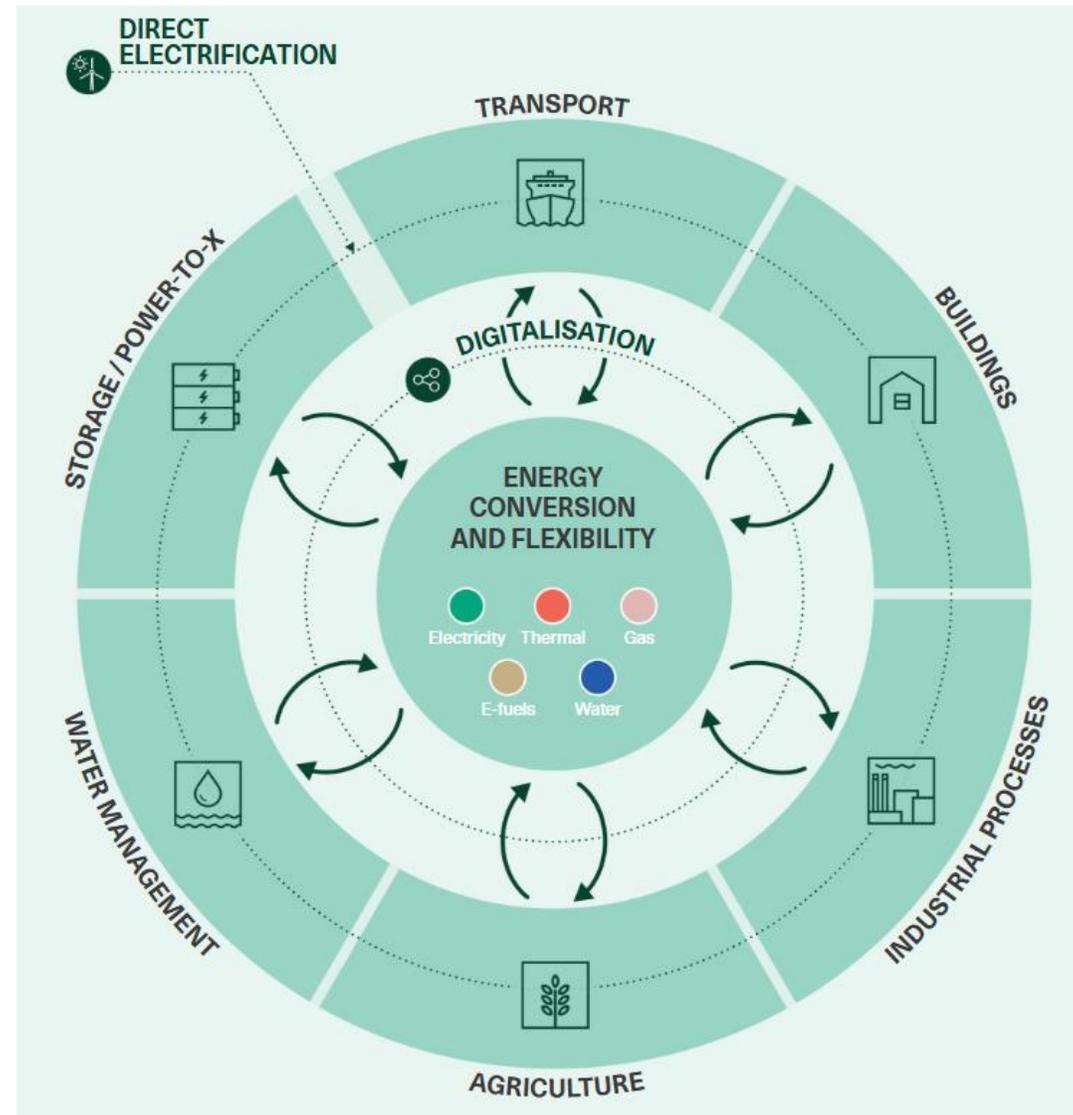
電力単独では脱炭素は不十分

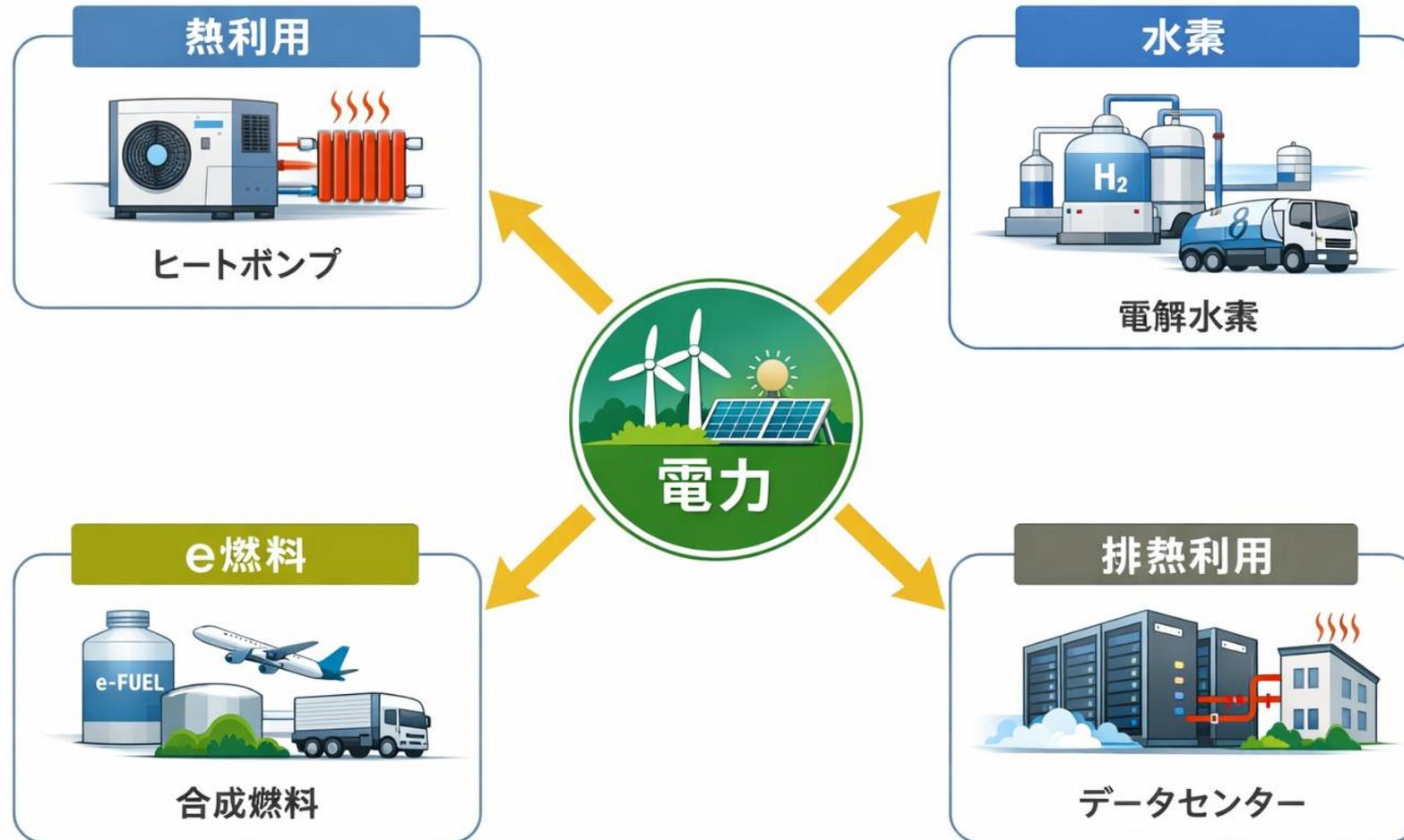


熱・輸送・産業の脱炭素が課題

システム全体の効率性・柔軟性・信頼性を向上させ脱炭素化コストを低減

セクターカップリングの俯瞰図





セクターカップリングが理論でなく、実際に収益を生む構造になっている

① 高い再エネ電力導入量

- ・再エネ82%
- ・風力53.8%

→ 系統柔軟性が必須

② 大規模DHネットワーク

- ・普及率約65%
- ・蓄熱+大型HP

→ 電力の変動を吸収

制度・技術・市場が
同時成立
= 最前線モデル

③ 国家PtX戦略

- ・2030年 4-6GW
- ・入札実施済

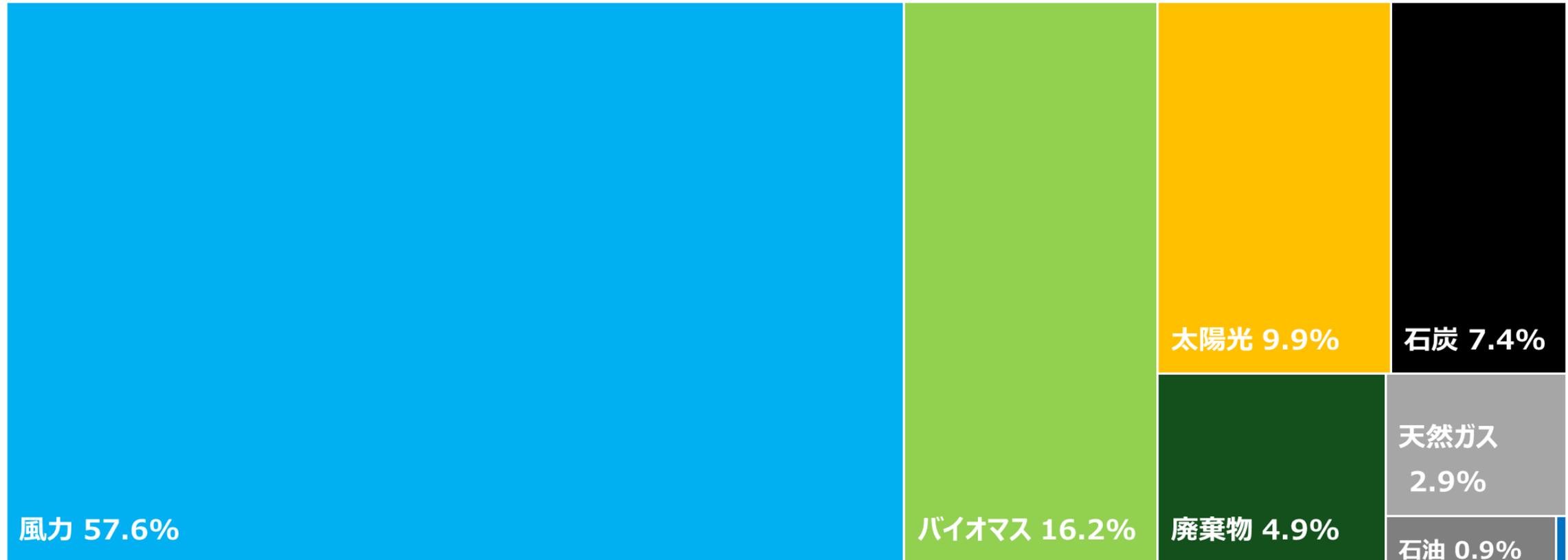
→ 系統柔軟性の一部として設計

④ 電力市場設計 (Nord Pool)

- ・価格連動運転
- ・調整市場収益

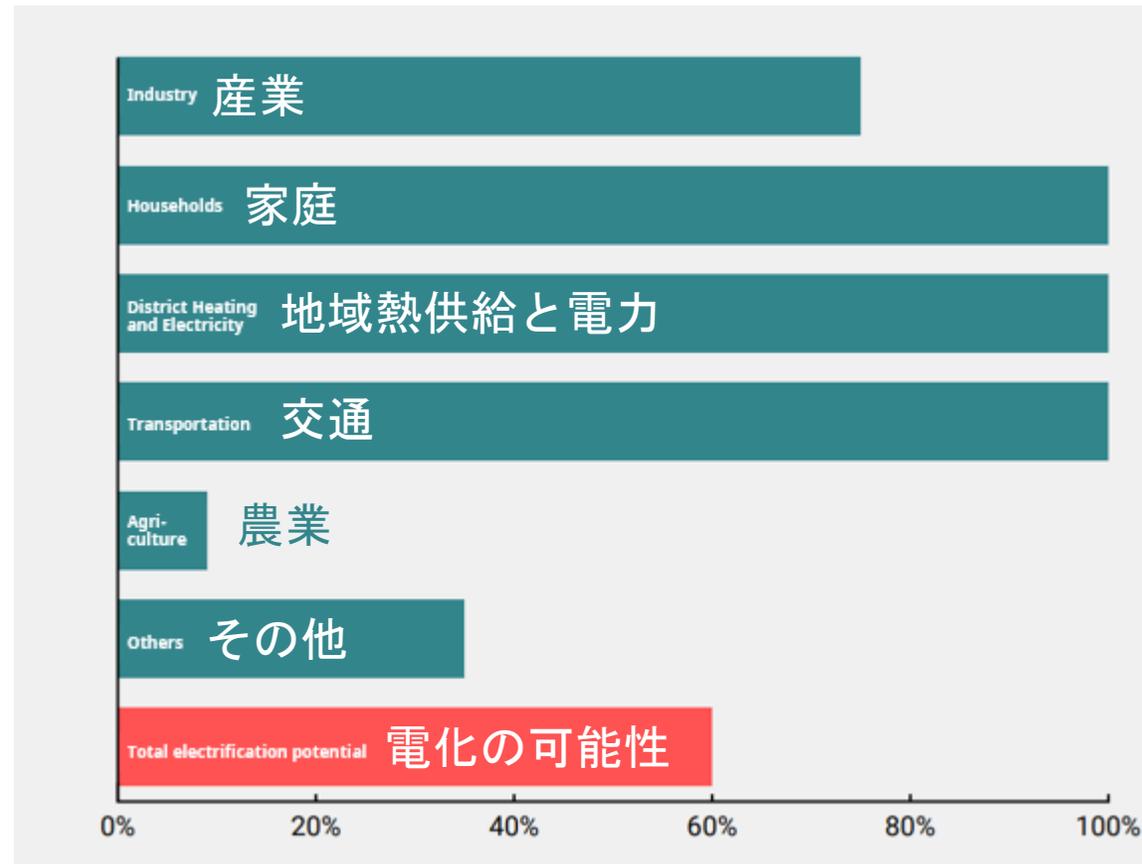
→ 柔軟性がマネタイズ

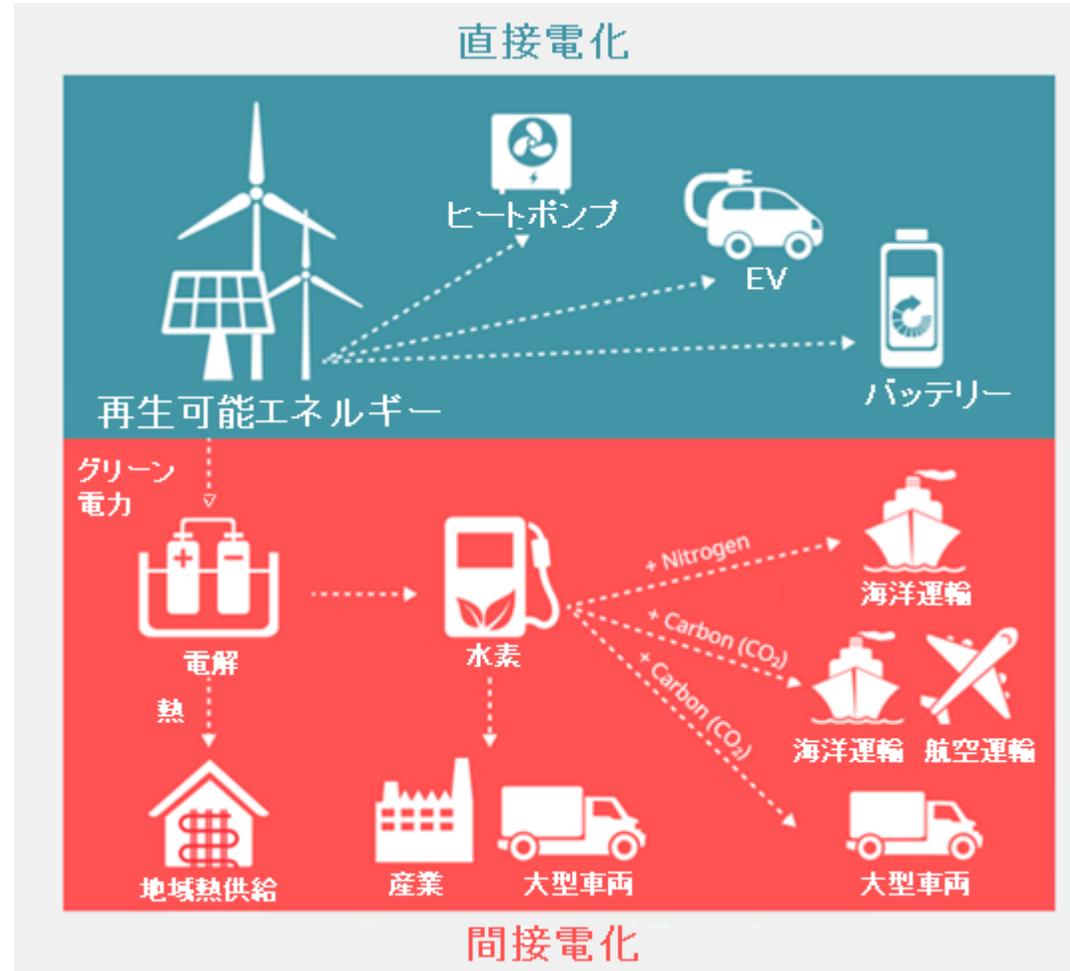
IEAも「デンマークは統合型エネルギーシステムの先行モデル」
「最も成熟したPower-to-Heat実装国」とコメント



■ 石炭 ■ 石油 ■ 天然ガス ■ バイオマス ■ 廃棄物 ■ 水力 ■ 太陽光 ■ 風力

<https://www.iea.org/countries/denmark/electricity#where-does-denmark-get-its-electricity>

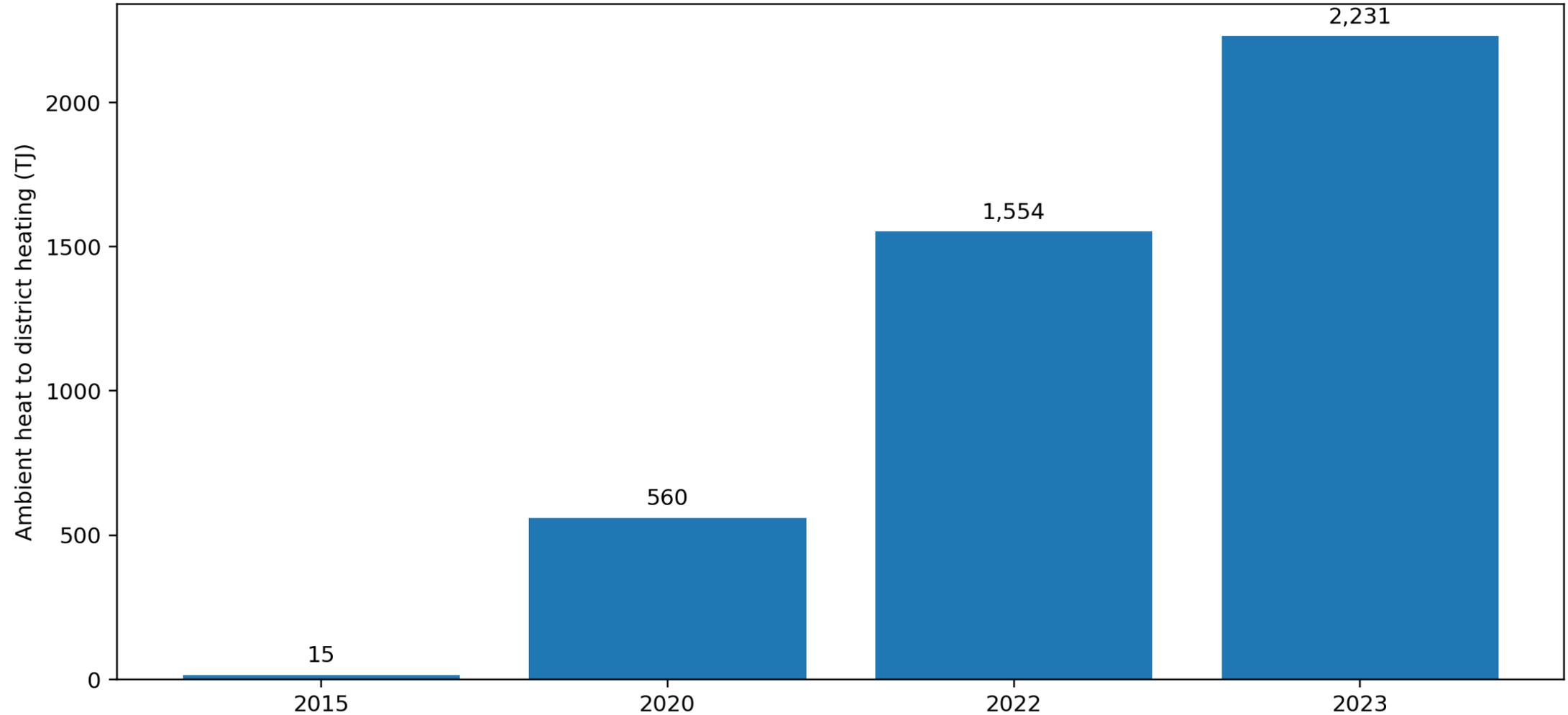






<https://kr.isep.or.jp/report/danish-government-strategy-for-power-to-x/#figure12>

Heat pumps in district heating: rapid growth (Denmark)

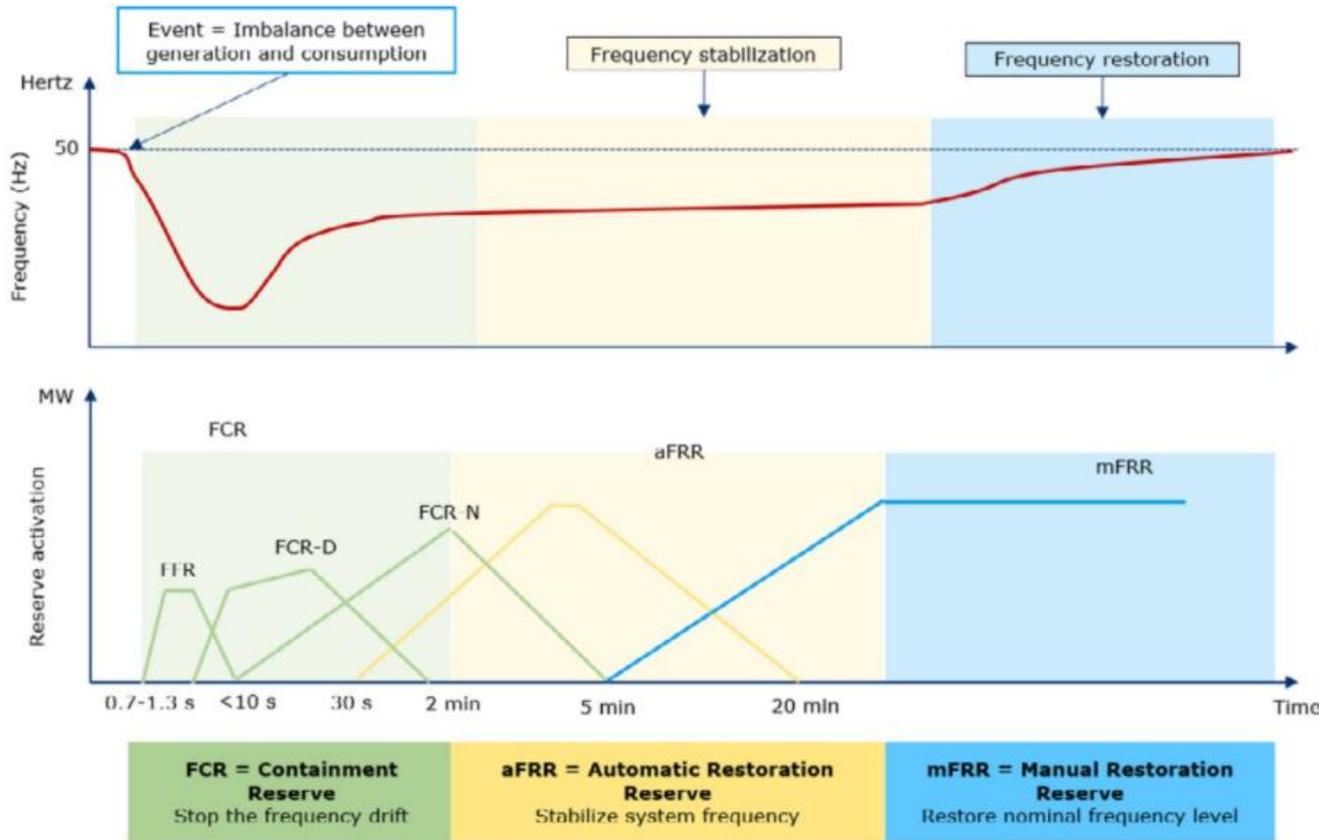


- 4億ユーロの設備投資
- 既に3000世帯相当の熱を供給
- 2033年までに10台300MWのヒートポンプを導入予定
- 2か所で合計200MW
- バイオマスの利用を30-35%削減



<https://stateofgreen.com/en/news/green-district-heating-to-warm-copenhagen-apartments/>

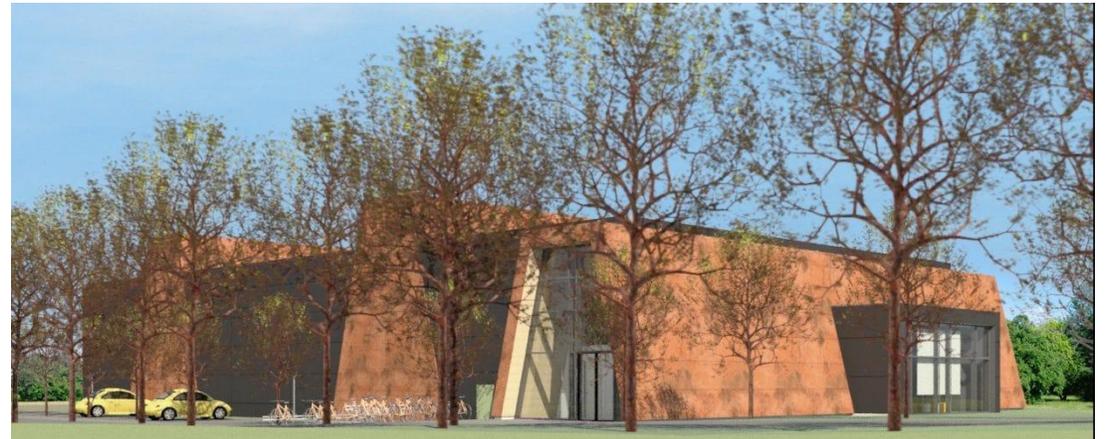
熱供給が電力網の安定化に大きく寄与



(MW)	FCR	aFRR	mFRR
DR	1.0		
電池			0.4
電気ボイラー	56.0	138.0	10.0
ヒートポンプ		0.7	
発電所 (CHP)	8.0		20.0
ディーゼルエンジン			3.8

HOT|COOL NO. 2/2024 "NEW HEAT SOURCES" (flippingbook.com)

- IEAによると2021年にはデータセンターの電力消費量220-320 TWh 全世界の電力消費の0.9-1.3%に匹敵
- 排熱の売却を二次ビジネスに
- Facebookのデータセンターが約 125,000 MWh の熱をオーデンセ市 7000世帯に地域熱供給を通じて無償で供給



[Surplus heat from data centre used for district heating \(stateofgreen.com\)](http://stateofgreen.com)

- 電力価格が低い時間帯にヒートポンプを稼働（安価な再エネ吸収）
- 蓄熱槽で数時間～数日の熱を貯蔵
- 電力需要ピーク時（＝電力価格が高い時）は蓄熱放出 → 発電・電解を優先
- 系統の需給バランス・周波数安定化に貢献



デンマークが水素を推進する背景

- 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
- 排熱を地域熱供給で活用
- 運輸部門の低炭素化
- 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

セクター・カップリングの役割を果たす



- 水素輸出国を目指す（対ドイツ、オランダなど）
- 製造に関しては、グリーン水素のみに注力
- 直接電化が優先
- 電化ができない、又は異常に高い価格になる場合のみ水素活用を推奨



- デンマークEuropean Energy
(三菱H Cキャピタル傘下)
- 船舶の代替燃料、ディーゼルに混合、
プラスチックの素材、SAFへの改良

Kasso

- 304 MW太陽光由来の**グリーン水素**
- 52 MW電解装置
- バイオガスプラントのCCSからの**バイオジェニックCO2**
- 42,000t (5,300万L) e-メタノール
- 3300世帯に廃熱を熱供給

- Maersk社- 船舶の燃料
- Lego社、Novo Nordisk社 (糖尿病のインシュリン) -
プラスチックの原料



- コペンハーゲン・インフラストラクチャ・パートナーズ(CIP)社は、1GWの電解に基づくグリーンアンモニアと船舶燃料の生産から得られる余剰熱で、エスビャウ(Esbjerg)市とヴァルデ(Varde)市の一般家庭15,000軒にグリーンな熱供給を行うことができると想定
- 余剰熱の活用と電力による熱利用の料金引き下げに関する合意：
2021年9月、PtXプラントからの余剰熱を地域熱供給を促進する法規制を利用する好ましい機会を創出する。

デンマーク-ドイツ戦略的エネルギー・パートナーシップ（2026）

- 両国は**エネルギー安全保障と脱炭素を柱とする戦略的パートナーシップ**を確認
- 北海・バルト海における**洋上風力拡大と再エネ水素協力**を共同で推進
- 洋上再エネと水素の**調査・技術分析・パイロット事業**を連携して実施
- **電力網・水素インフラの国境を越えた統合可能性**（接続・輸送）を検討
- 実行体制として**共同作業グループと運営委員会**を設置し、継続的に管理



セクターカップリングが理論でなく、実際に収益を生む構造にどうやってすべきか

① 高い再エネ電力導入量

- ・再エネ82%
- ・風力53.8%
- 系統柔軟性が必須

② 大規模DHネットワーク

- ・普及率約65%
- ・蓄熱+大型HP
- 電力の変動を吸収

制度・技術・市場が
同時成立
= 最前線モデル

③ 国家PtX戦略

- ・2030年 4-6GW
- ・入札実施済
- 系統柔軟性の一部として設計

④ 電力市場設計 (Nord Pool)

- ・価格連動運転
- ・調整市場収益
- 柔軟性がマネタイズ



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE

デンマークでの **セクターカップリングの最前線**

4DHフォーラム・セミナー



www.renewable-ei.org