

ENERGY PLANNING AND THE TRANSITION TOWARDS RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

エネルギー計画と自然エネルギーシステムへの移行

POUL ALBERG ØSTERGAARD
PROFESSOR, ENERGY PLANNING
AALBORG UNIVERSITY - DENMARK



Agenda 目次

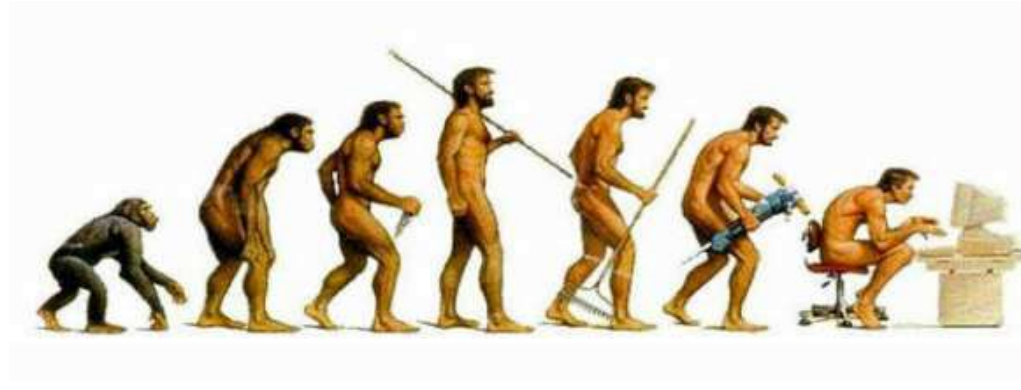
- What was 歷史
- What is 現狀
- What might be 未來

What was

歷史

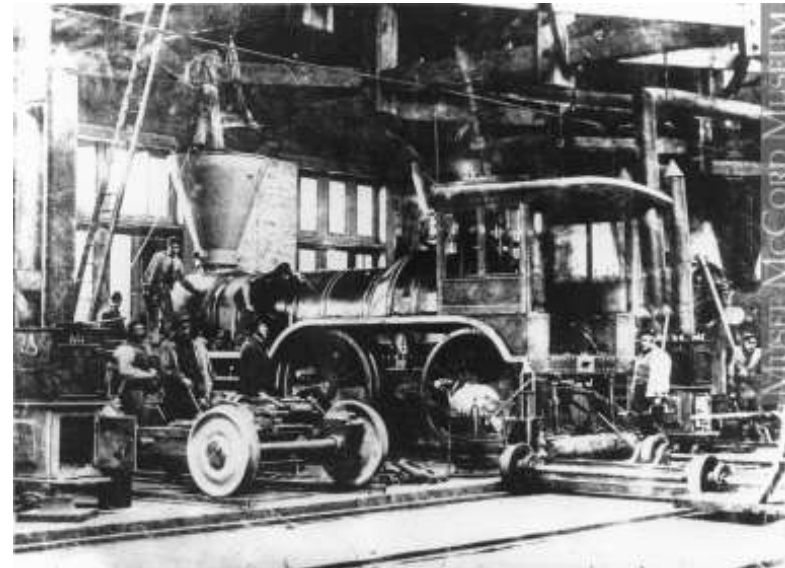
Development through external energy contribution

エネルギー源による発展



Development through external energy contribution

エネルギー源による発展



出典

Sources: The Internet & La Première phase industrielle Au Canada (1850-1900)

Development through external energy contribution

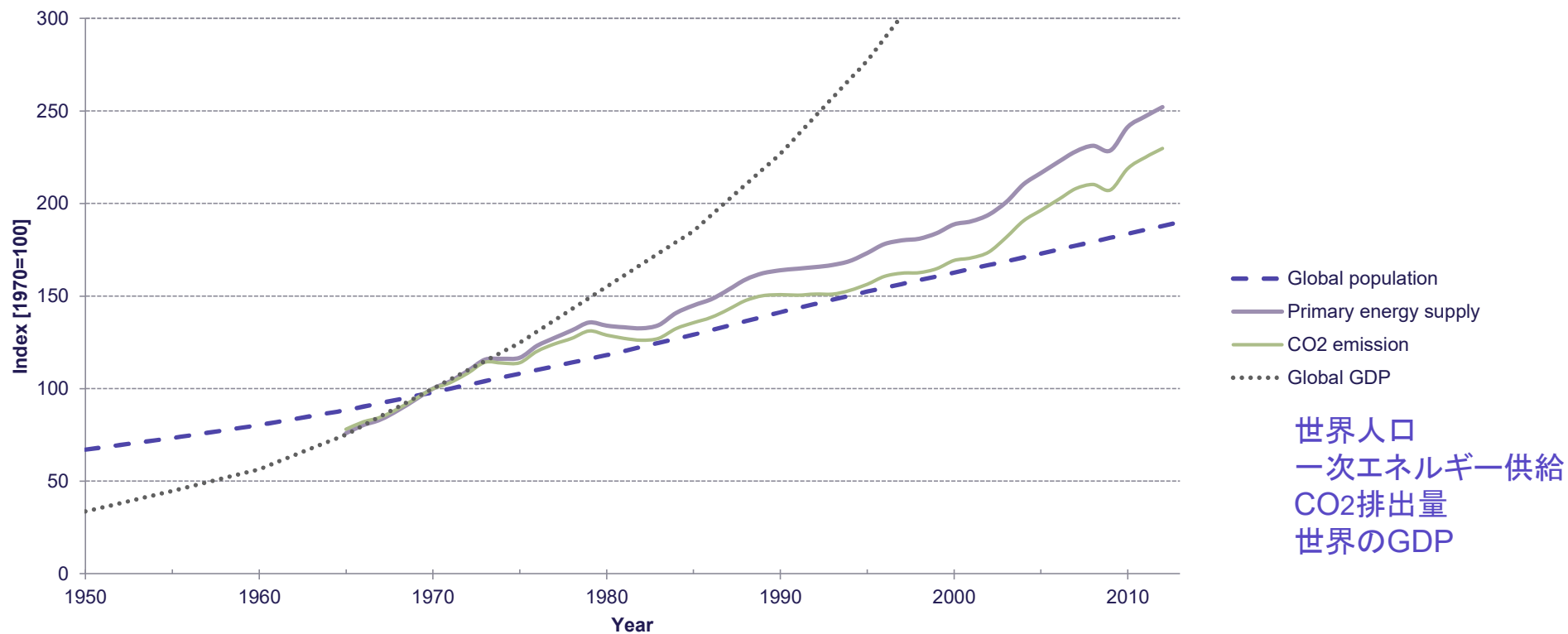
エネルギー源による発展

- Energy is a prerequisite for human development
- エネルギーは人類発展の前提条件

- Today the metabolic energy demand is about 1/20th of the fuel-based energy of an average Danish man and mankind has gone from a simple metabolic lifeform to a lifeform operating through a large external energy use – exometabolism
- デンマーク人の平均エネルギー消費において、代謝に使う量は燃料の約20分の1です。人類は単純な代謝生命体から、エネルギー源を大量に消費して活動する生命体へと変化してきました — 即ち「外部代謝」です。

Global energy trends

世界のエネルギー動向



What is

現状

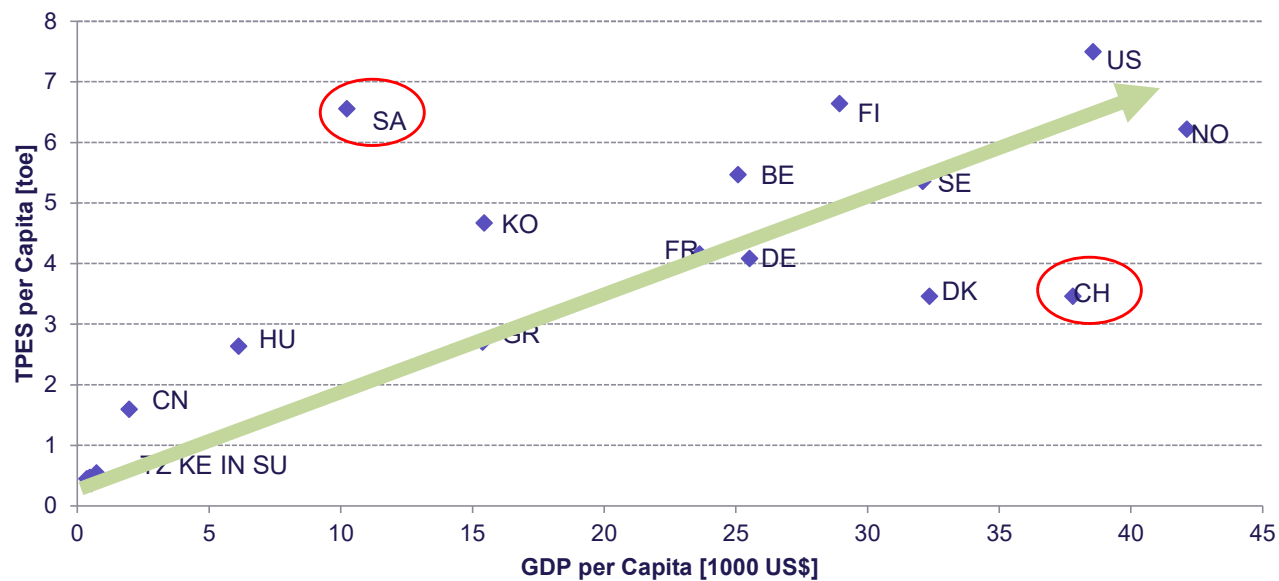
Relative performance of selected countries

各国のパフォーマンス比較

一次エネルギー供給 vs GDP(国内総生産)

TPES vs GDP

1人当たり
一次エネルギー供給



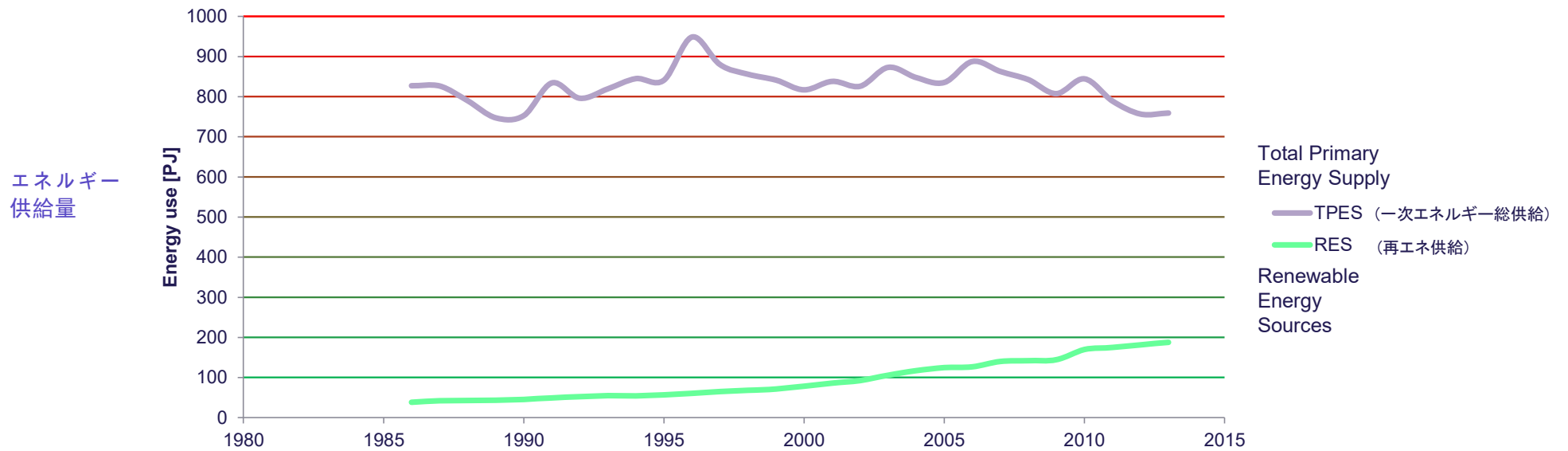
1人当たりGDP



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

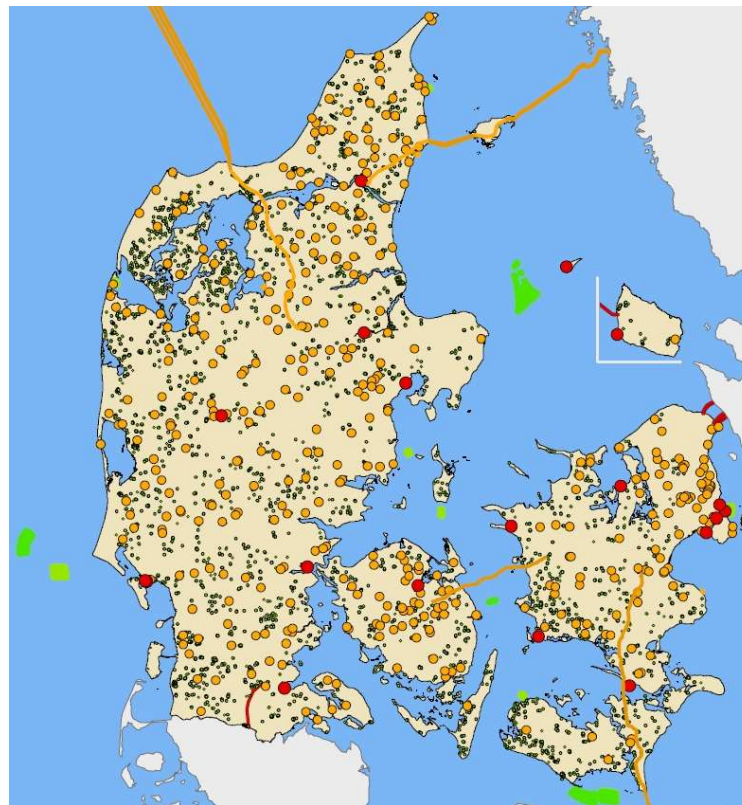
An example: Danish energy supply over the last 30 years

例: 過去30年間のデンマークのエネルギー供給



From a central to a distributed energy system

集中型から分散型エネルギーシステムへ

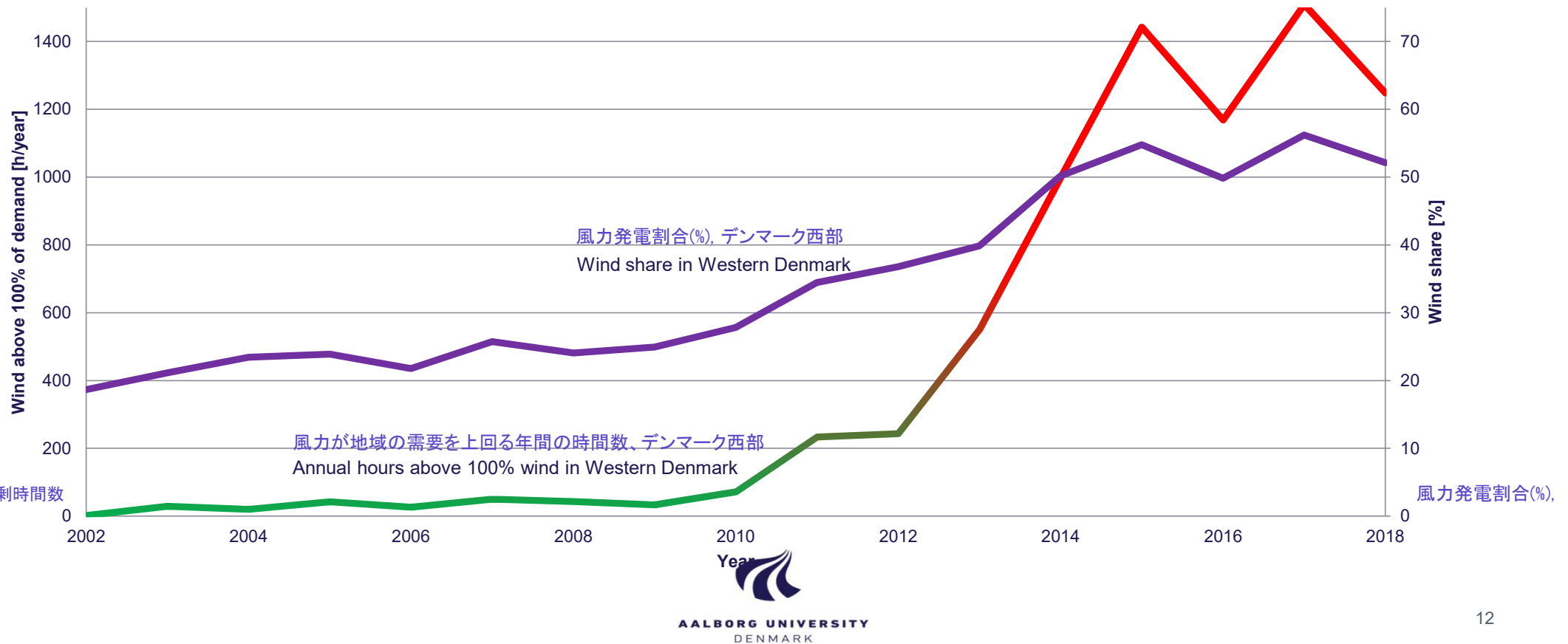


2013

● Centralt kraftvarmeværk	Central CHP 集中型CHP(熱電併給)
● Decentralt kraftvarmeværk	Local CHP 分散型CHP
● Vindmølle	Wind 風力発電所
● Havvindmølle	Off-shore wind 洋上風力発電所
— Udlandsforbindelse (vekselstrøm)	AC Interconnection 交流地域間連系
— Udlandsforbindelse (jævnstrøm)	DC interconnection 直流地域間連系

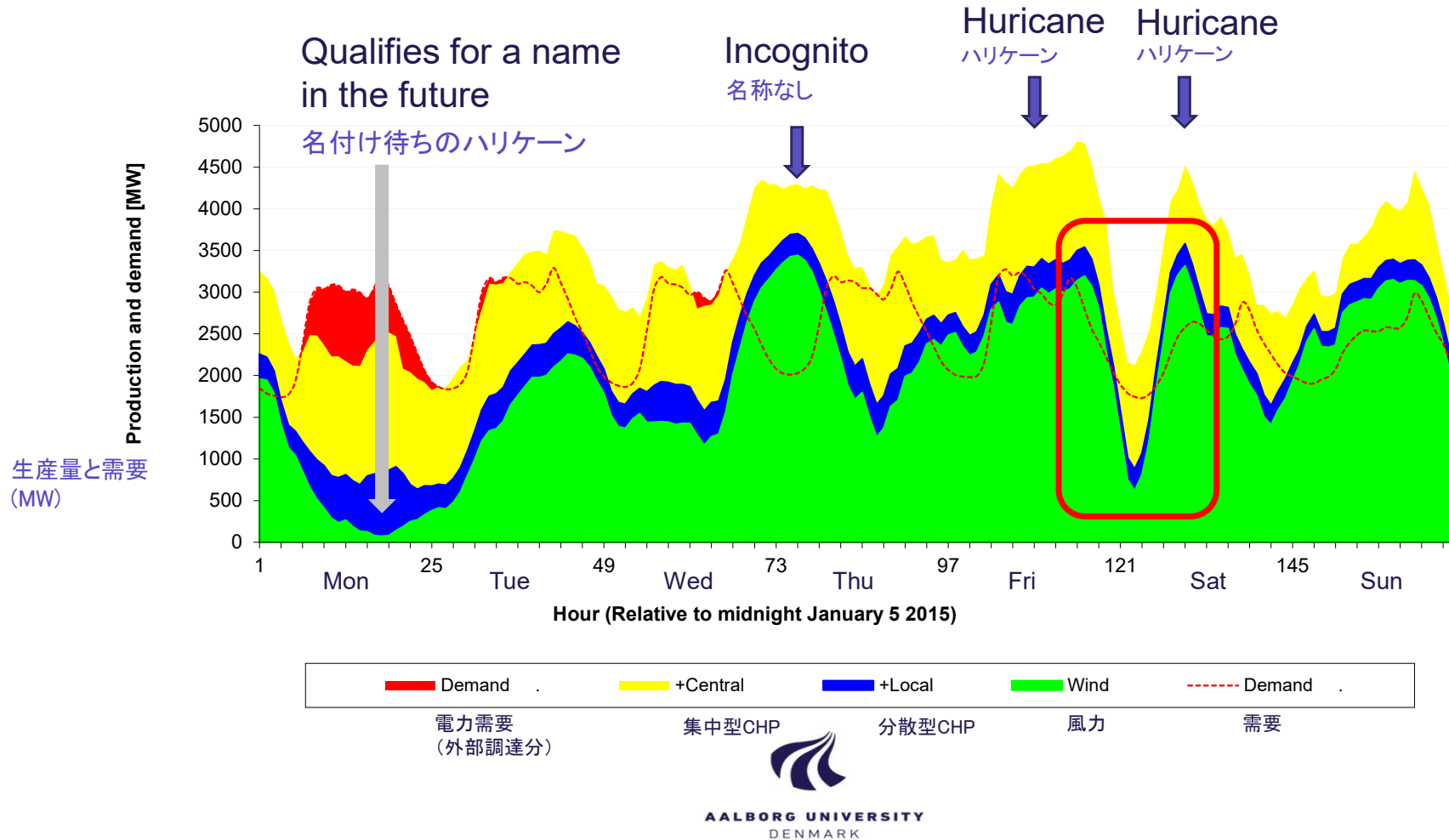
The issue of excess power generation

電力の供給過剰問題



A week in Western Denmark

デンマーク西部での一週間

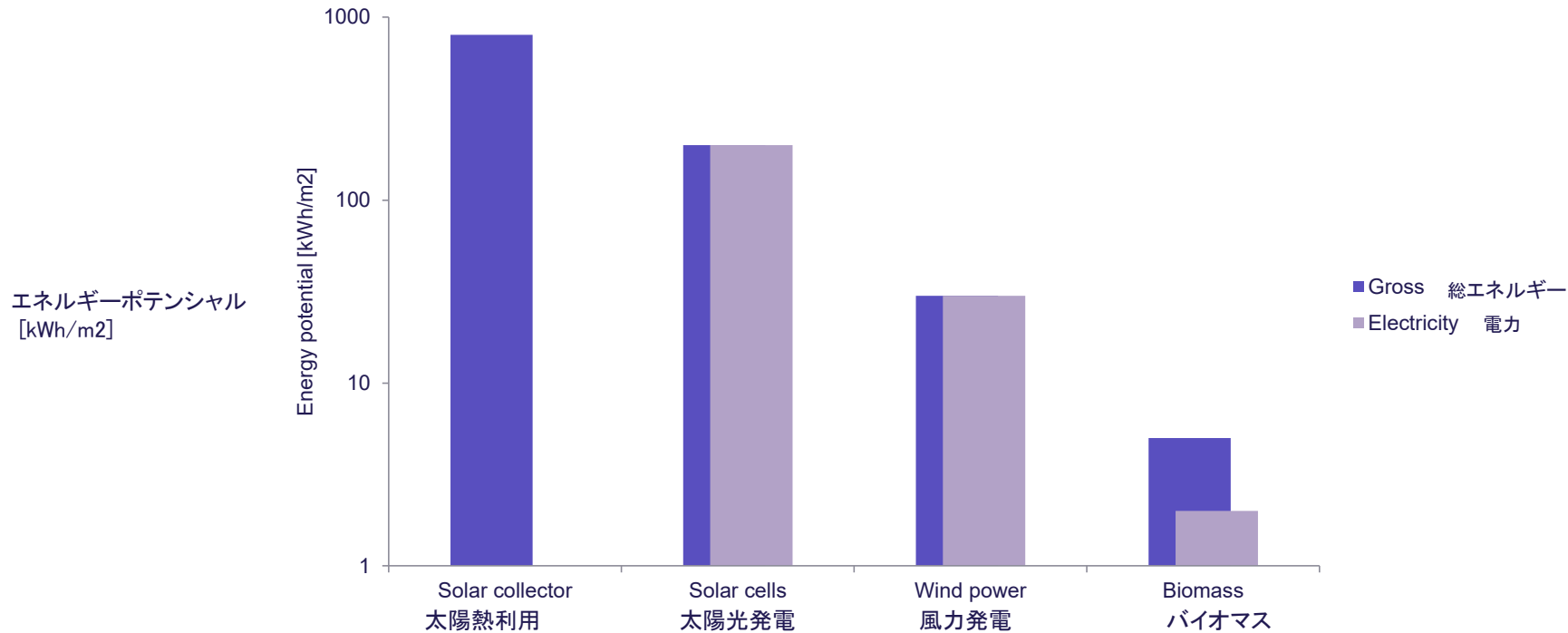


What might be

未来

Options for energy production under Danish conditions

デンマークのエネルギー生産の選択肢



Multiple competing needs for biomass:

Food, fodder, fibre, fertilizer, feedstock, forests – and fuel

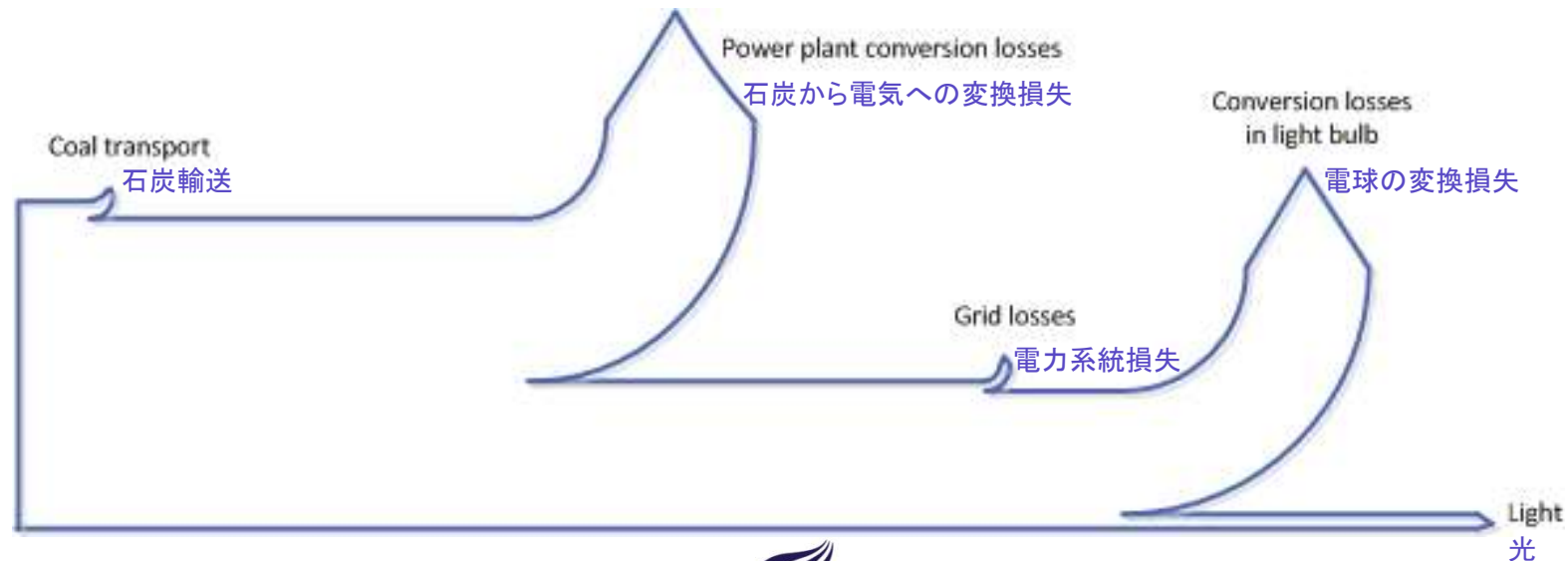
バイオマスに対する複数の需要が競合

食糧、飼料、繊維、肥料、木材、森林、そして燃料

Trends, solutions and implications

トレンド、解決策、及び影響

- Small biomass availability which must be used wisely.
- Large fluctuating power availability
- Potentially large imbalances
- Electrification of the energy system
- 利用可能なバイオマスは少なく、賢く利用しなければならない
- 利用可能な電力が大きく変動
- 潜在的に大きな需給の不均衡
- エネルギーシステムの電化



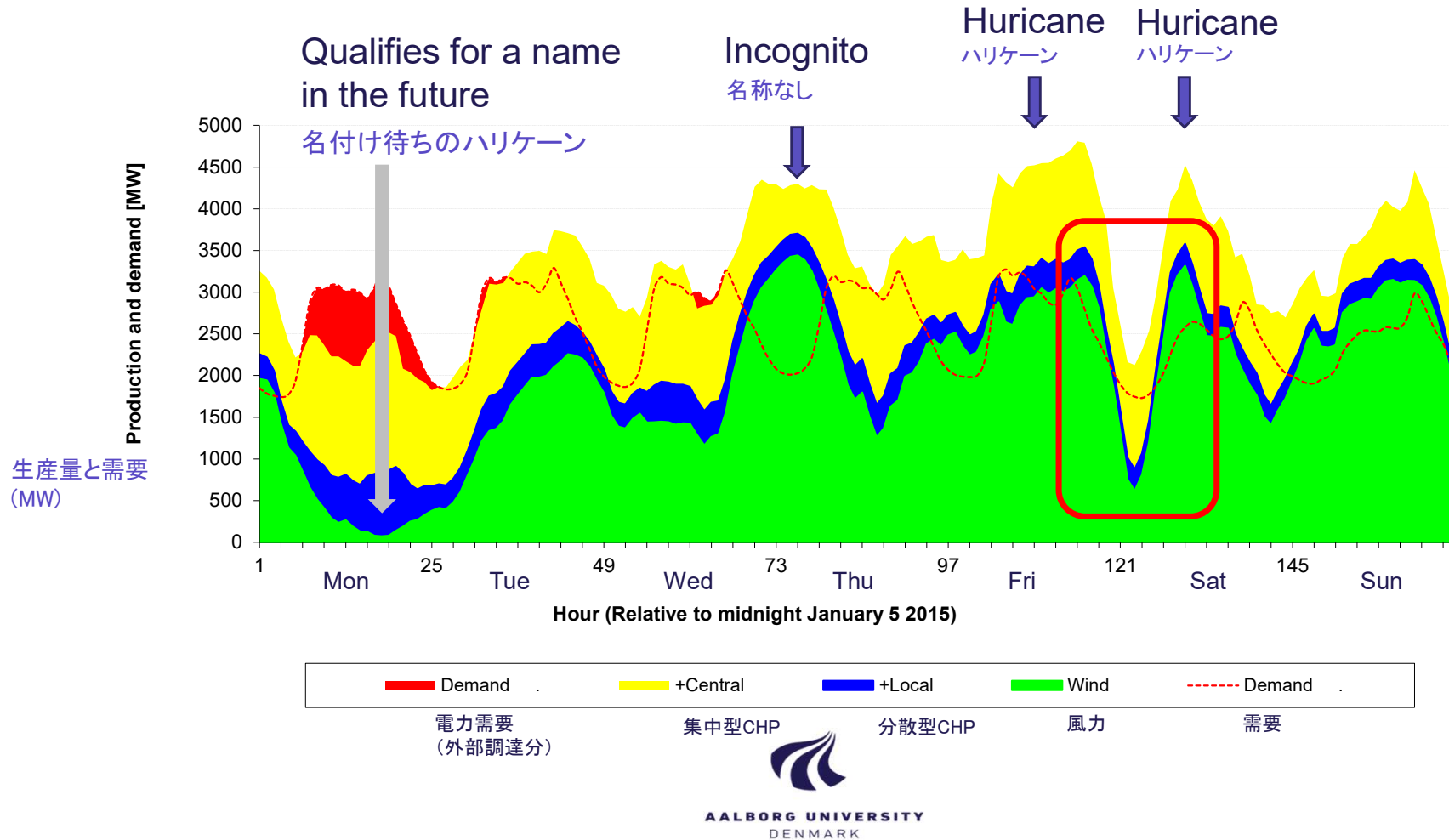
Electrification of the energy system

エネルギーシステムの電化

- Heating - heat pumps and improved climate screens
 - Transportation- electricity where possible – otherwise power-to-x
 - Industry - electricity where possible – otherwise power-to-x
 - Others - electricity
-
- 熱供給 - ヒートポンプ、改良された斜光スクリーン
 - 交通 - 可能な限り電化 - もしくは電気から合成燃料に転換 (“power-to-x”)
 - 産業 - 可能な限り電化 - もしくは電気から合成燃料に転換
 - その他 - 電化

A week in Western Denmark

デンマーク西部での一週間



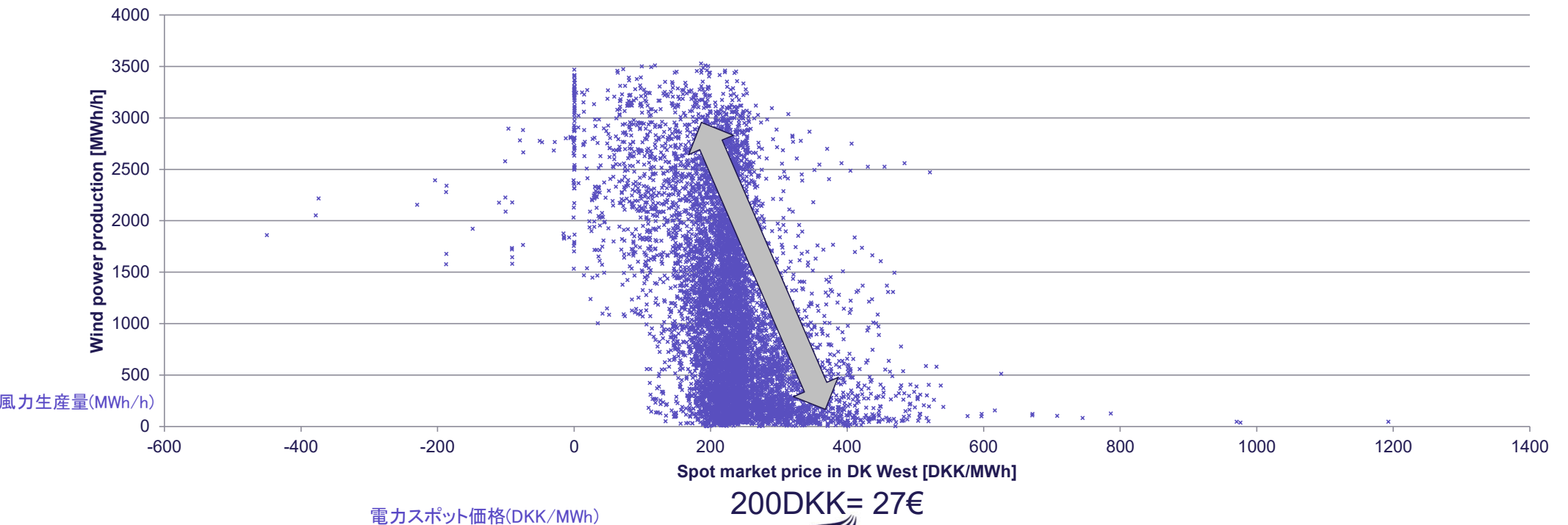
Issues in future renewable energy systems

今後の自然エネルギーシステムの課題

- Integration – matching demand and supply
- Market issues
- Investment issues
- Barriers relating to
 - Acceptance
 - Ownership
 - Operation
 -
- 統合 – 需要と供給の調整
- 市場の課題
- 投資の課題
- いくつかの分野には障壁がある、例えば:
 - 受容性
 - 所有権
 - オペレーション

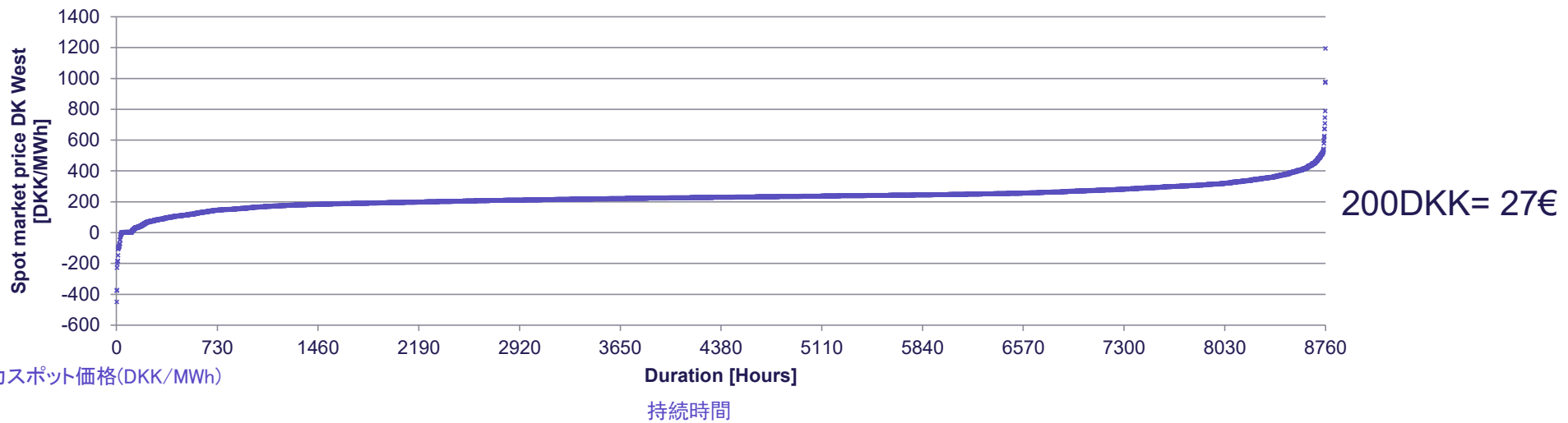
Electricity spot market prices in Western Denmark

デンマーク西部の電カスポット価格



Electricity spot market prices in Western Denmark

デンマーク西部の電カスポット価格



Is cheap electricity good?
電気代が安ければ良いのか？

Needed: New energy market

新たなエネルギー市場が必要

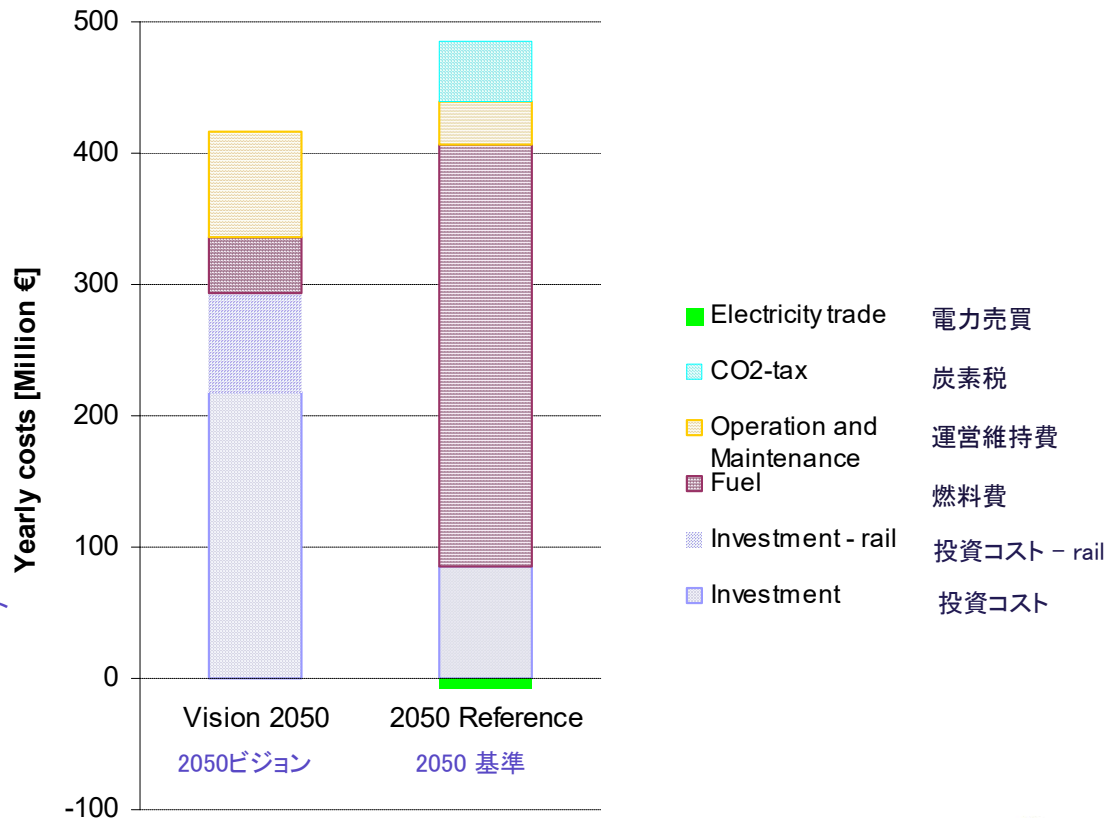
- Where wind and PV do not lower the price level (too much..)
- Where bidding is not necessarily short-term marginal cost-based
- Where demand stabilises prices
- Where thermal facilities can afford not to operate – and to operate
- Where flexible technologies supply the required flexibility
- Where forecasting demands are limited as much as possible

特徴:

- 風力や太陽光発電が電力価格を下げ過ぎない
- 入札は短期的な限界費用を基準にしていない
- 需要が価格を安定させる
- 火力発電が稼働しないまたは稼働するための余裕がある
- 柔軟性の高い技術が必要な柔軟性を提供
- 需要予測の振れ幅が極力少ない

Costs of renewable vs conventional energy systems

自然エネルギーシステムと従来型エネルギーシステムのコスト



- Sunk costs 埋没コスト
- A shift from modest investment costs and high running costs to high investment costs and modest running costs

低い投資コスト+ 高い稼働コストから、
高い投資コスト+ 低い稼働コストへの移行

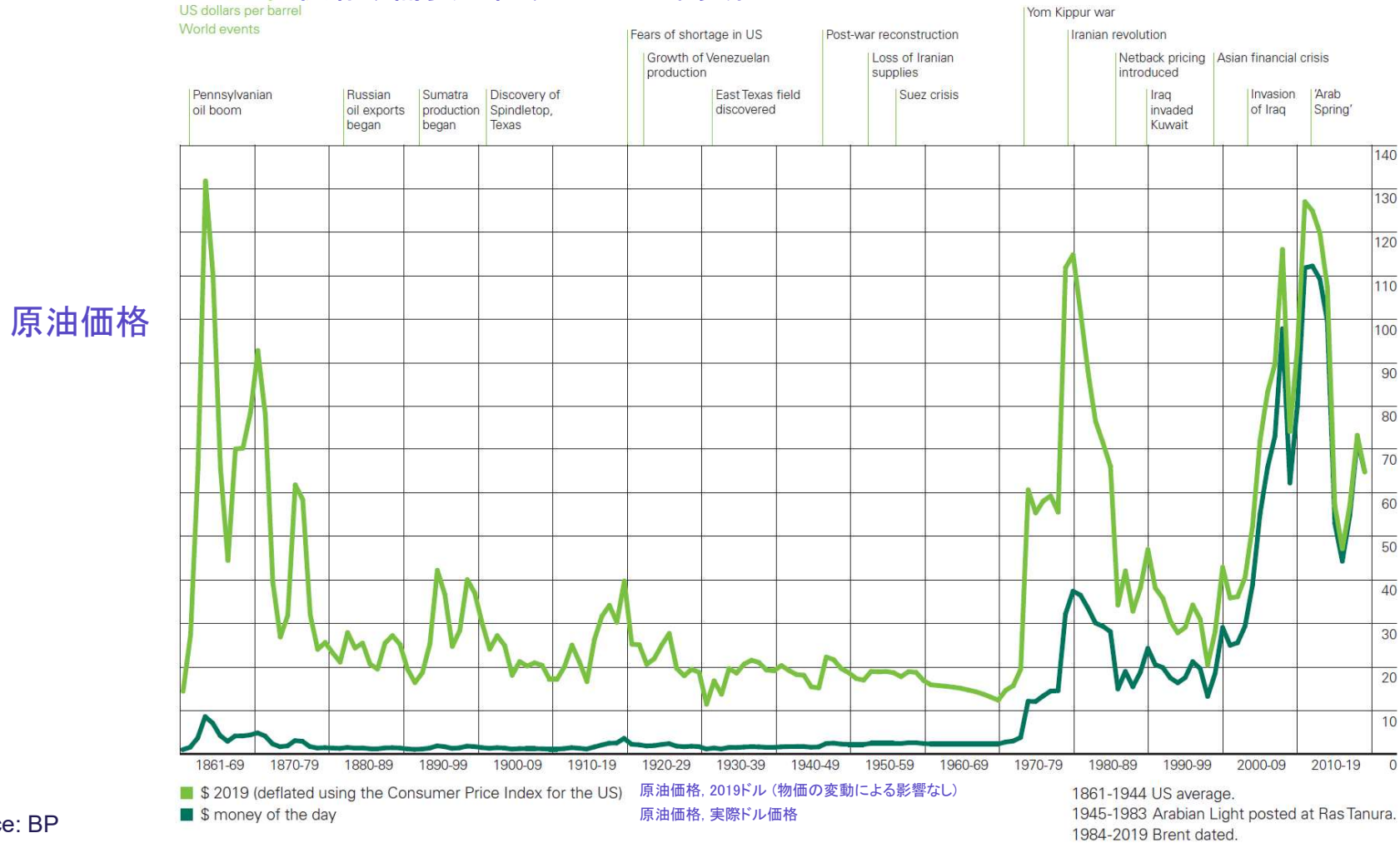
Energy costs – supply, demand and a touch of uncertainty

エネルギーコスト – 供給、需要とわずかの不確実性



Energy costs – supply, demand and a touch of uncertainty

エネルギーコスト – 供給、需要とわずかの不確実性



Source: BP

Example of a previous investment problem

かつての投資問題の例

- CHP Plants planned under an assumption of increasing electricity prices and relatively stable fuel (natural gas) costs
- Instead, electricity prices fell, and natural gas prices increased thus eroding economic feasibility of these plants
- CHPプラントが作られた時は、電気料金の上昇と比較的安定した燃料（ガス）価格が想定された
- しかし実際には、電気料金が下落し、天然ガスが値上がりしたため、これらのプラントの実現可能性が低下した。

Needed: Financial certainty and motivation

財務上の確実性と動機が必要

- Low discount rate for public investments
- Floor prices for fossil fuels
- (And market adaption as touched upon before)

- 公共投資には低い割引率
- 化石燃料の最低価格を設定
- (先ほど触れた市場適応も)

Integrating renewable electricity 自然エネルギーの電力を統合

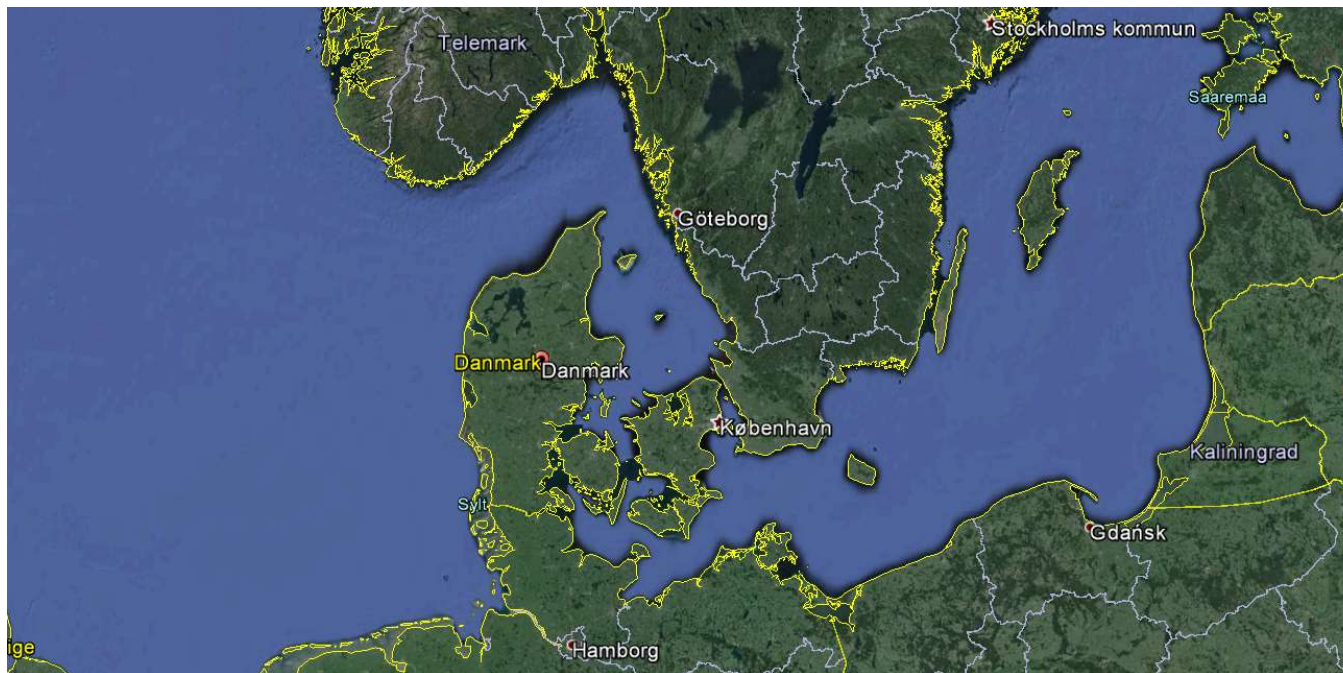
Matching supply and demand throughout the year
年間を通じて需要と供給の調整



Photo: Wikipedia

Solution 1: Interconnection

解決策1:地域間連系



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Solution 2: Trading

解決策2: 電力取引

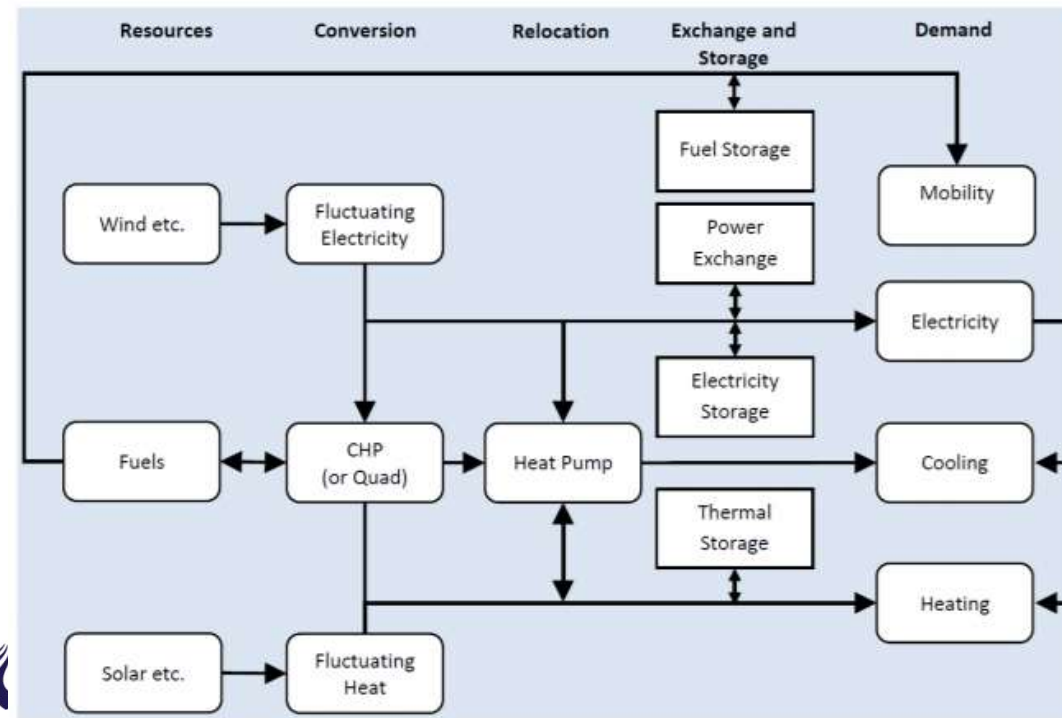
- Trading is only relevant if there are differences
- Trading should be among “unequals”
- 取引は違いがある場合にのみ有用
- 取引は「差」がある場合に行われるべき



Solution 3: Flexible electricity demand

解決策3: 柔軟性のある電力需要

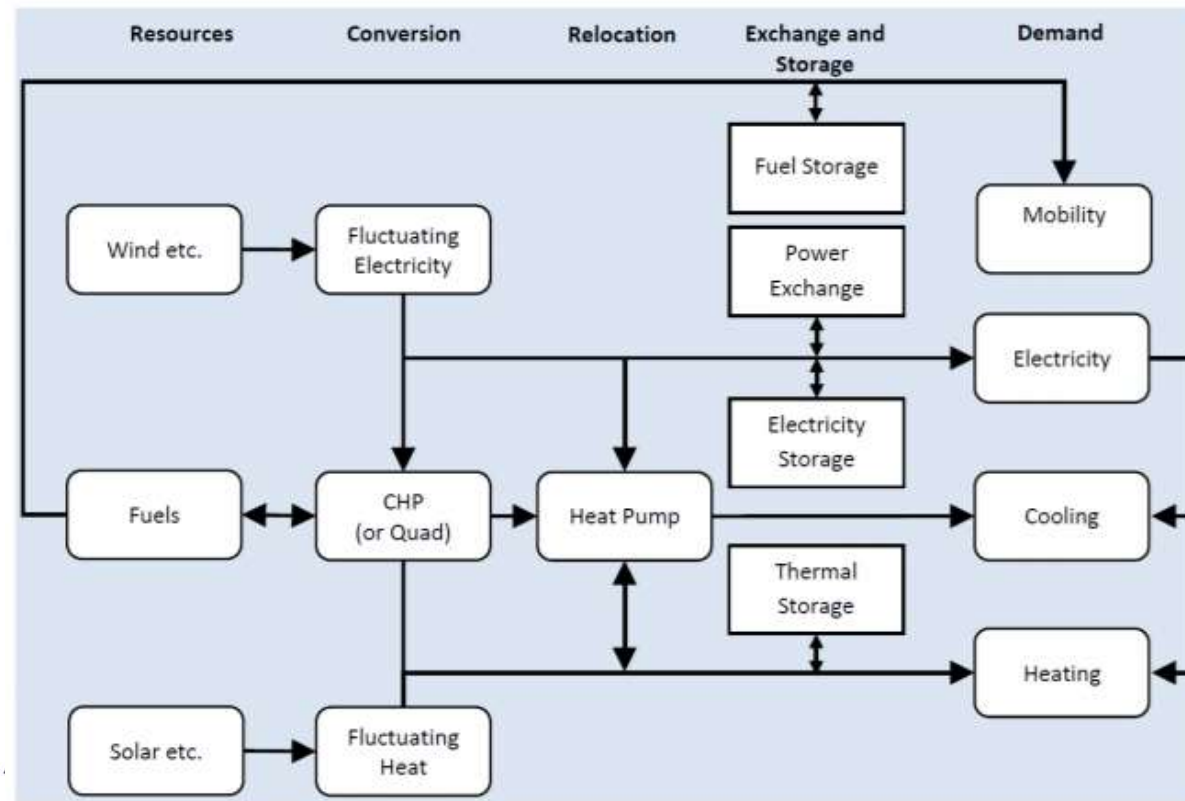
- A house uses 3-5 MWh per year for ordinary electricity demand
- A house uses 5-6 MWh per year for heating and domestic hot water using heat pumps (obviously mainly in the winter)
- An electric vehicle uses 2-3 MWh per year
- 一つの家庭では、通常年間3,000-5,000kWhの電力を使用
- ヒートポンプを使う場合は、年間5,000-6,000kWh(主に冬季)
- 電気自動車は年間2,000-3,000kWh



Solution 3: Flexible electricity demand

解決策3: 柔軟性のある電力需要

- Limited flexibility in load shifting within ordinary electricity load
- Integration across traditional demand sectors and utilisation of local flexibility; smart energy system
- Makes trading relevant once selling and buying becomes a conscious decision rather than a natural consequence of the weather
- 通常の電力負荷内の範囲内では、負荷のシフトによる柔軟性には限界がある
- 従来型の需要分野を横断した統合と地域の柔軟性の活用、スマート・エネルギーシステム
- 電力の売買を天候による自然の成り行きとしてとらえるのではなく、意識的に決定することで、取引を重要なものにする。



Summarising

まとめ

- We are looking into a heavily electrified electricity system based to an even higher extent on fluctuating power production
- We cannot rely on trade with our neighbours to solve the issue of balancing the electricity system – particularly when factoring in similar developments in different places
- Geographic differences do not offer sufficient variability or flexibility
- We need to activate the inherent flexibility in house heating and transportation – while the flexibility in the traditional electricity system will not give much support to the general electricity system
- 変動する電力の割合がますます高まり、電化がますます進む電力システムについてみてきた
- 特に同じような発展を進めている隣国間では、電力システムのバランスをとるには隣国との取引に頼れない
- 地理的な違いでは、十分な可変性や柔軟性が得られない
- 家庭の熱利用と交通の固有の柔軟性を活用する必要があり、一方で伝統的な電力システムの柔軟性は一般的な電力システムを十分に支えることができないだろう。

ENERGY PLANNING AND THE TRANSITION TOWARDS RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

POUL ALBERG ØSTERGAARD
PROFESSOR, ENERGY PLANNING
AALBORG UNIVERSITY - DENMARK

