ENERGINET

PRE-REQUISITE OF A RESILIENT GRID TO ALLOW MASSIVE INTRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY

自然エネルギーの大量導入を実現するための強靭な系統の前提条件

DANISH EXPERIENCES ON MARKET BASED INTEGRATION OF WIND POWER

風力発電を市場ベースで系統に統合したデンマークの知見

Tokyo, 16 October 2018

Peter Jørgensen, Vice President, Associated Activities, Energinet

ペーター・ヨルゲンセン　エナギネット社 副社長

ENERGINET

AGENDA
アジェンダ

- Introduction to Energinet – the Danish TSO for electricity and gas
  エナギネット社の紹介ーデンマークの電力・ガス系統運用機関（TSO）
- The Danish electricity system with 43% wind power
  デンマークの電源構成：風力発電が43%を占める
- Energinet’s toolbox for efficient integration of variable renewable energy
  エナギネット社のツールキット：効率の良いVRE統合
- Towards a fossil-free energy system by 2050
  2050年に向けて：化石燃料への依存から脱却したエネルギーシステム

ENERGINET - TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR IN DENMARK
エナギネットーデンマークの系統運用機関

ENERGINET

- Ensure short- and long-term security of supply for electricity and gas
- Ensure well-functioning markets for electricity and gas
- Own, operate and develop the gas and electricity transmission grids

- 短期～長期的な電力・ガスの安定供給確保
- 適切に機能する電力・ガス市場の確立
- 電力・ガス送電系統の所有、運用と開発

THE ENERGY SYSTEM IN DENMARK IS CHANGING
変革するデンマークのエネルギーシステム

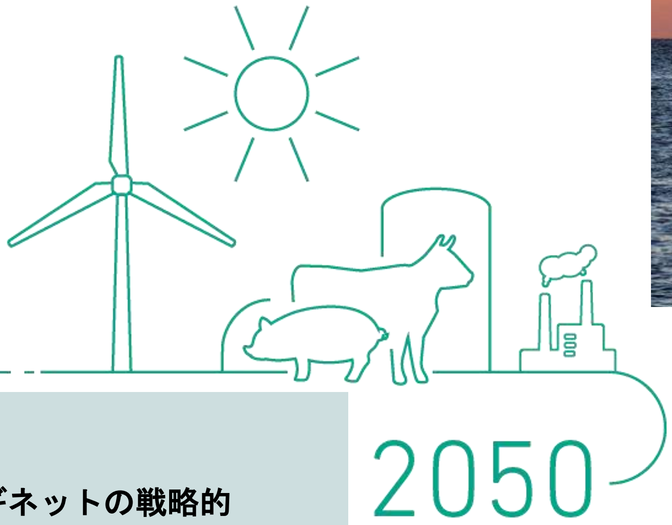
ENERGINET

- By 2020, wind power will constitute 50% of the electricity consumption
  2020年までに、電力消費の50%を風力発電が占める
- By 2030, renewable energy will constitute 55% of the energy consumption
  2030年までに、エネルギー消費の55%を自然エネルギーが占める
- By 2050, Denmark will be independent of fossil fuels
  2050年までに、デンマークは化石燃料から脱却する

Strategic commitments of Energinet:

- Security of supply
- Efficient green transition
- Healthy investment climate

エナギネットの戦略的コミットメント：
ー 安定供給確保
ー 効率的なグリーン化
ー 健全な投資環境



AGENDA
アジェンダ

- Introduction to Energinet – the Danish TSO for electricity and gas
- The Danish electricity system with 43% wind power
  デンマークの電源構成：風力発電が43%を占める
- Energinet's toolbox for efficient integration of variable renewable energy
- Towards a fossil-free energy system by 2050

PARALLEL DEVELOPMENTS
電源／市場開発の同時進行

- TOWARDS RENEWABLE ENERGY AND OPEN MARKETS
ー自然エネルギーの導入促進とオープンな市場に向けて

ENERGINET

From primary coal fired to local CHP and wind power
石炭火力から地域分散型のCHPと風力が主電源に

2000

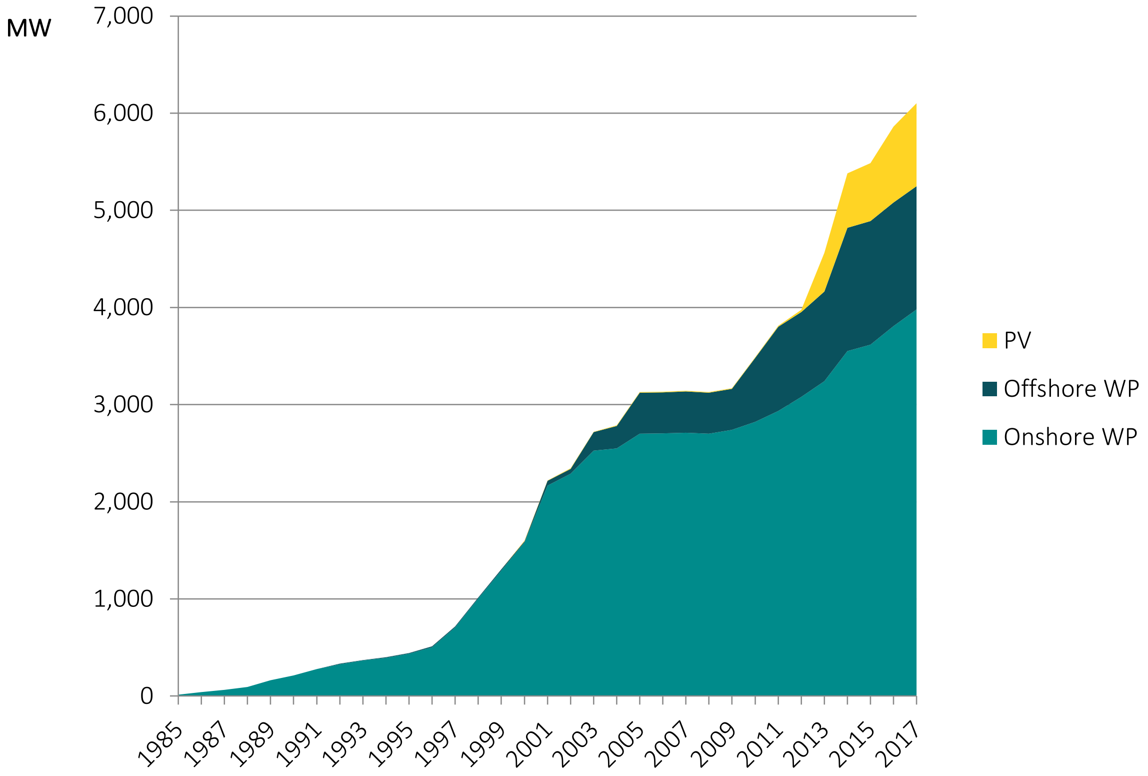
From vertically integrated monopoly to competitive electricity market
垂直統合型の独占市場から競争的な電力市場へ

Before
Generation 発電
Transmission 送電
Distribution 配電

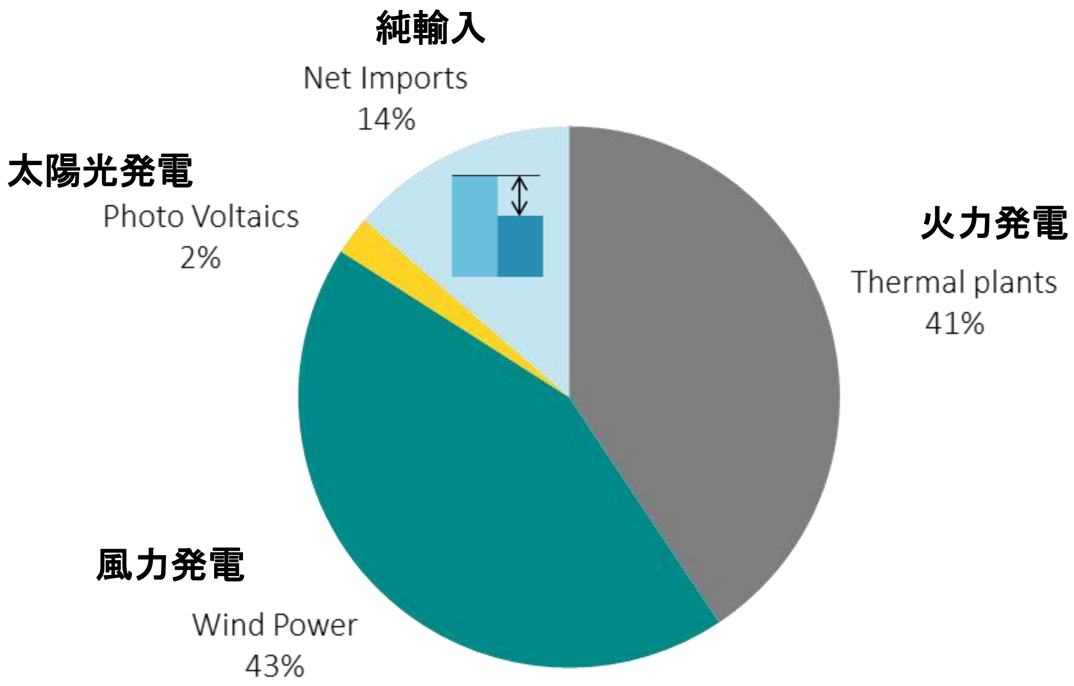
After
Generation 発電
Trade 取引
Transmission System Operator 系統運用機関
Distribution 配電

ENERGINET

DANISH WIND POWER IN 30 YEARS – NOW 43% OF DEMAND
デンマークにおける風力発電設備容量の推移ー現在はエネルギー需要の43%を占める

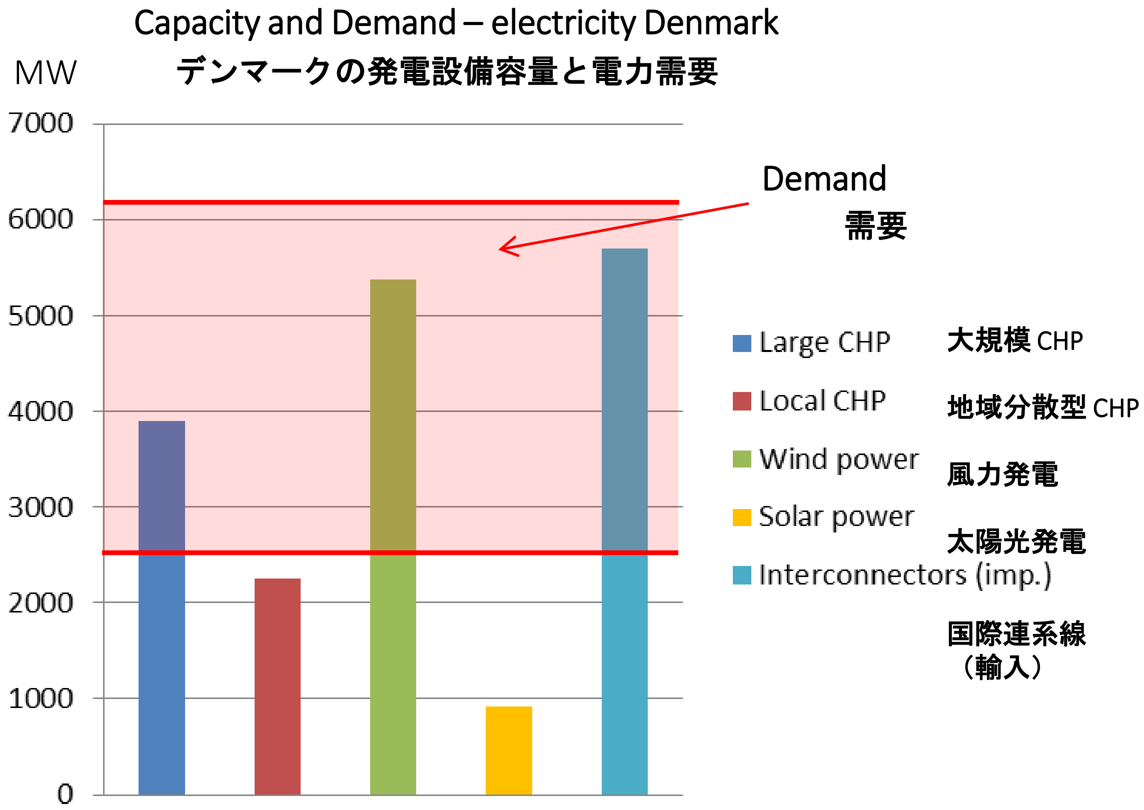


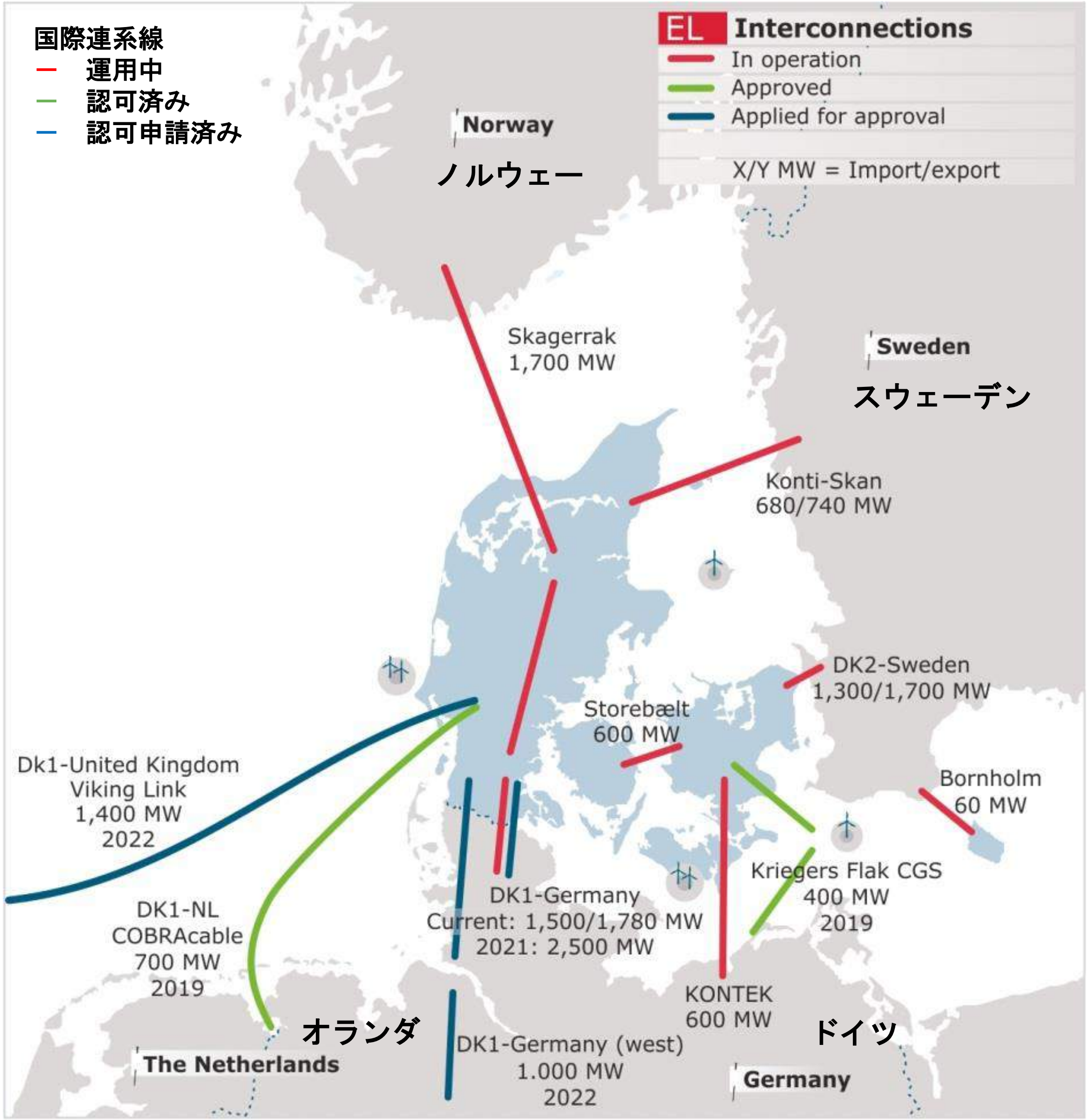
Installed wind and solar power
風力・太陽光発電設備導入容量（過去30年間）



Energy balance 2017
エネルギーバランス（2017年）

THE DANISH ELECTRICITY SYSTEM
デンマークの電力システム
- CAPACITY BALANCE
容量バランス



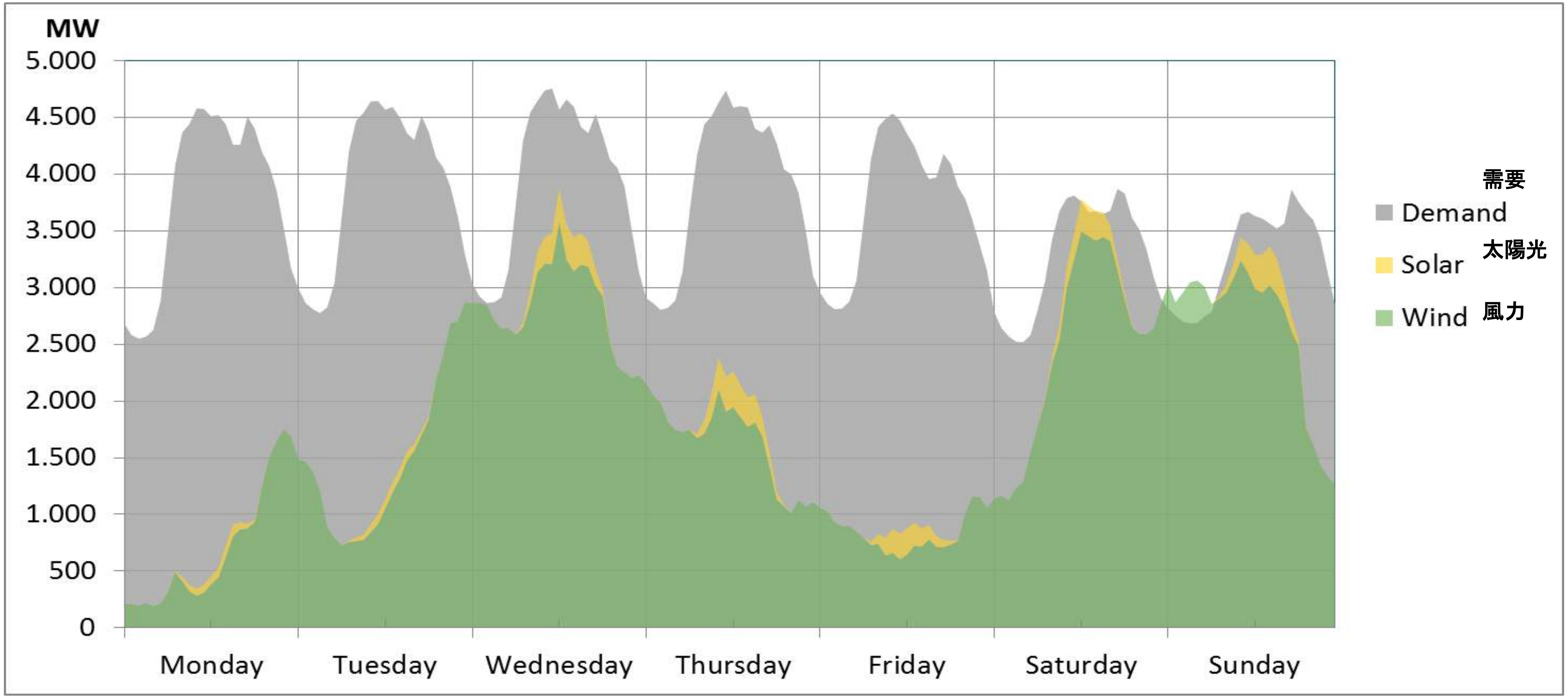


A WEEK IN SEPTEMBER

９月の例（１週間）

- 51% WIND AND SOLAR

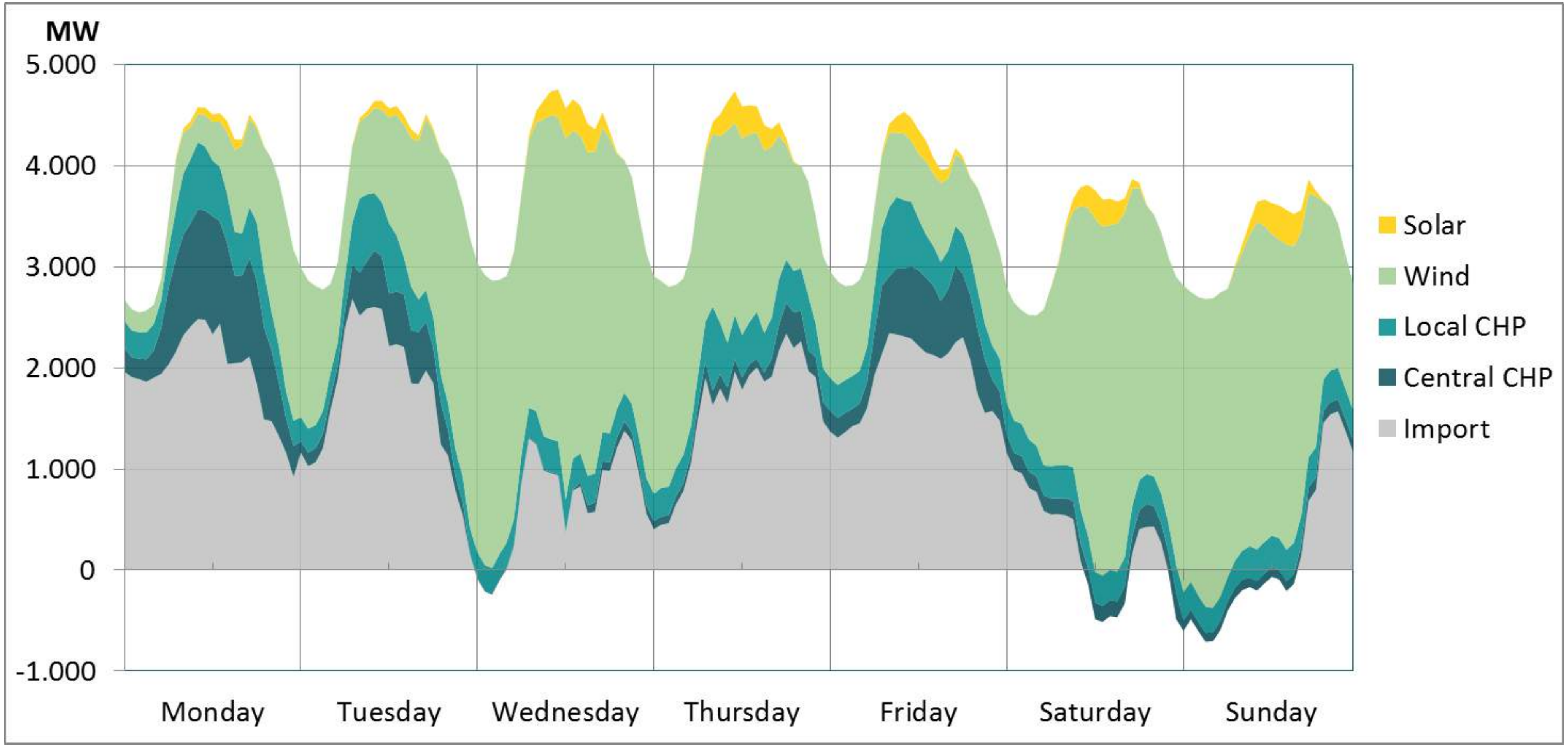
ー太陽光と風力で51%



FLEXIBILITY IN THE ELECTRICITY SYSTEM
電力システムの柔軟性

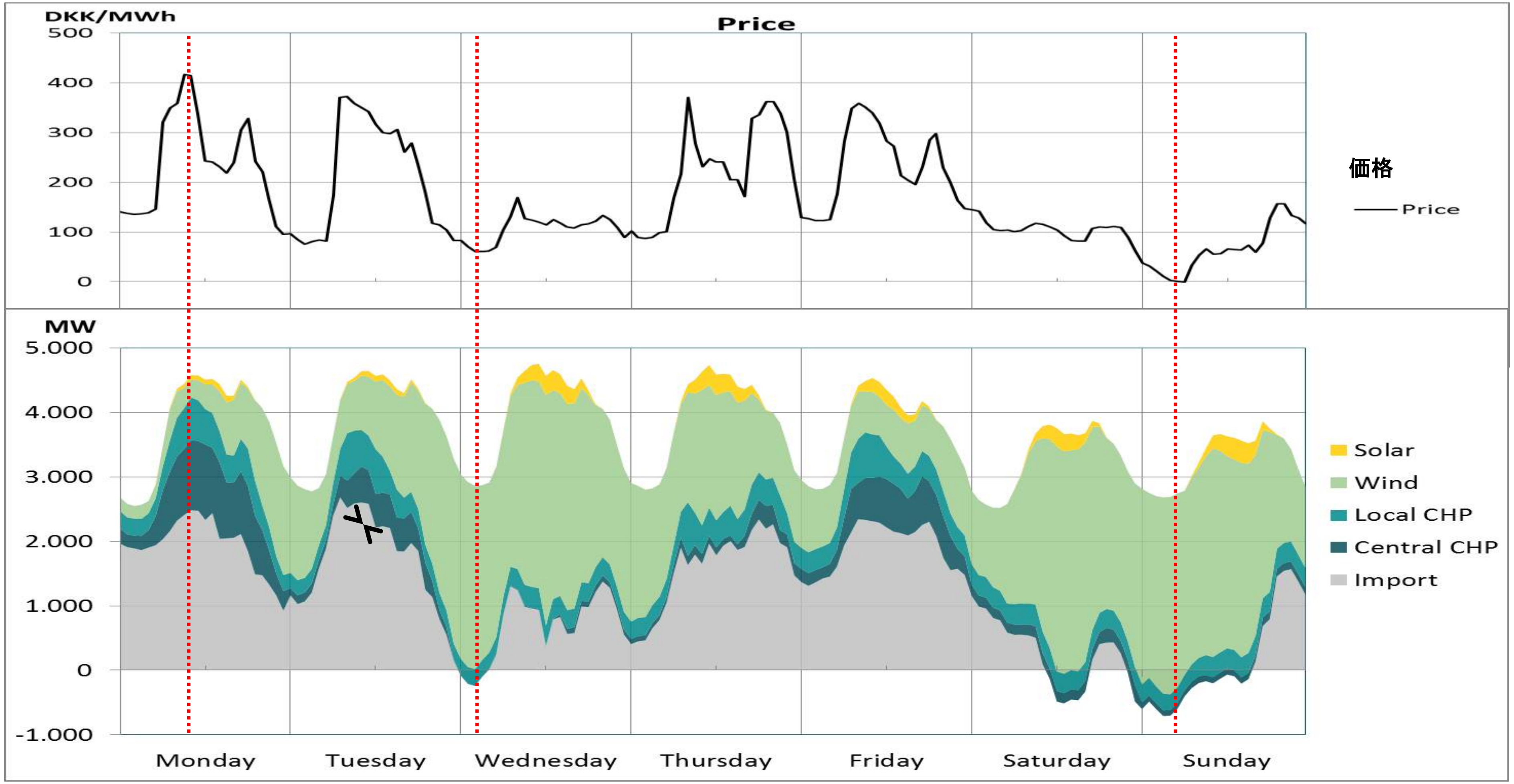
ENERGINET

- HOURLY DISPATCH
ー1時間単位の給電指令



太陽光
風力
地域分散型 CHP
中央集中型 CHP
輸入

SPOT PRICE, WIND POWER AND MARKET DYNAMICS
スポット価格、風力発電と市場のダイナミクス

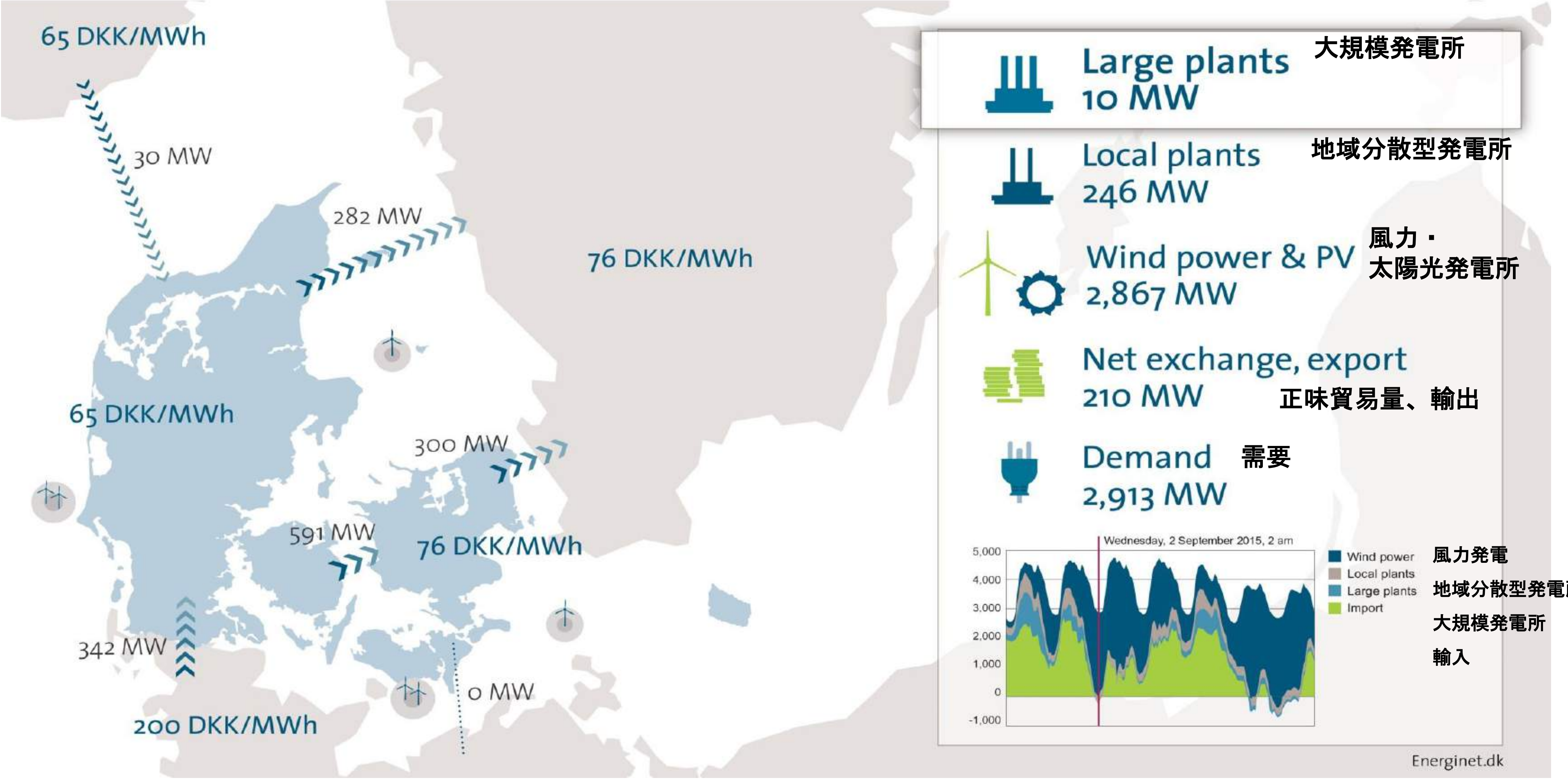


価格

太陽光
風力
地域分散型 CHP
中央集中型 CHP
輸入

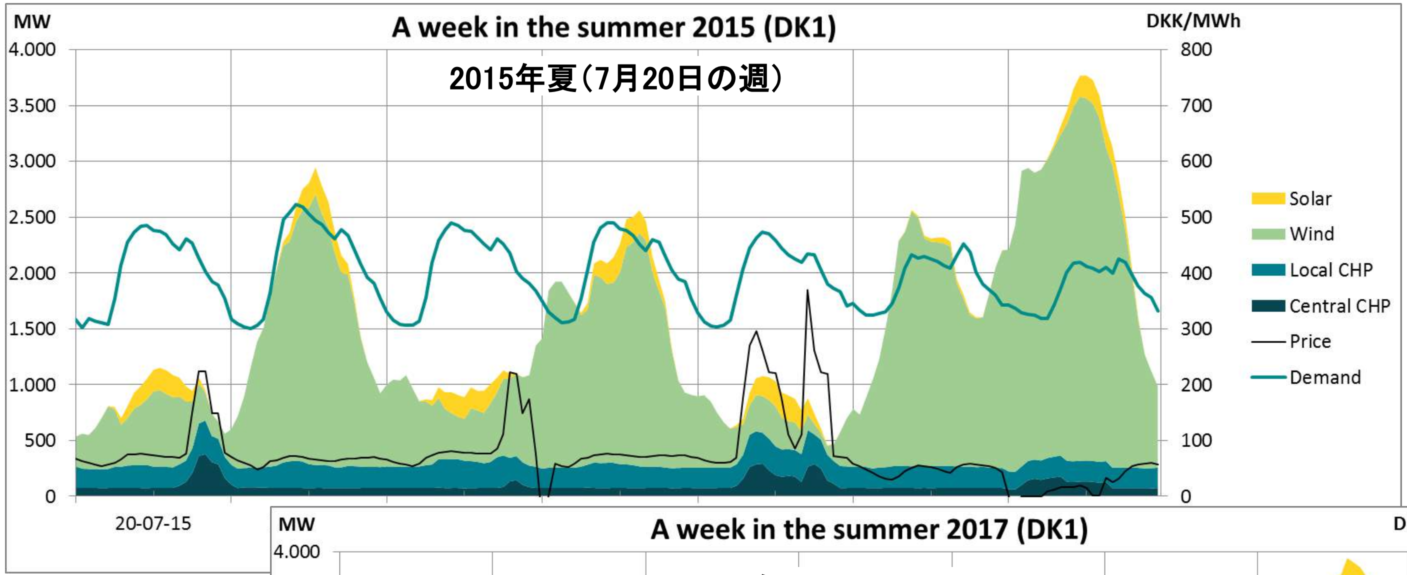
Example: High winds – low price - no large power plants
例：風力発電の大量導入ー低価格ー大規模な発電設備の活用なし

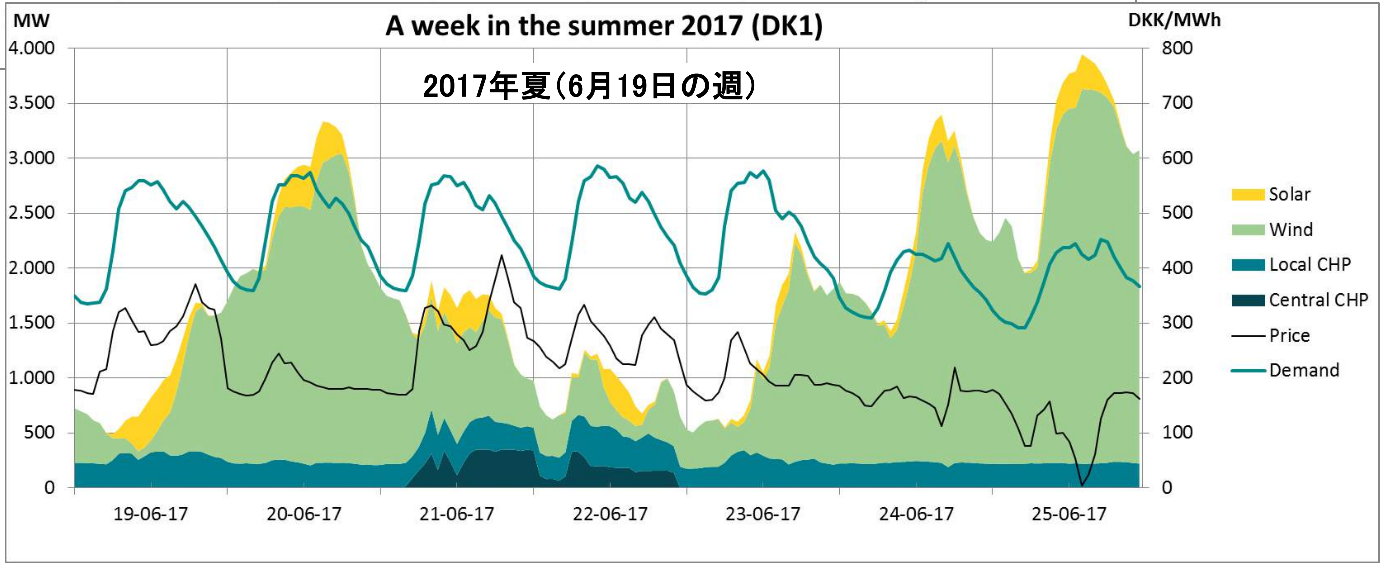
ENERGINET



ENERGINET

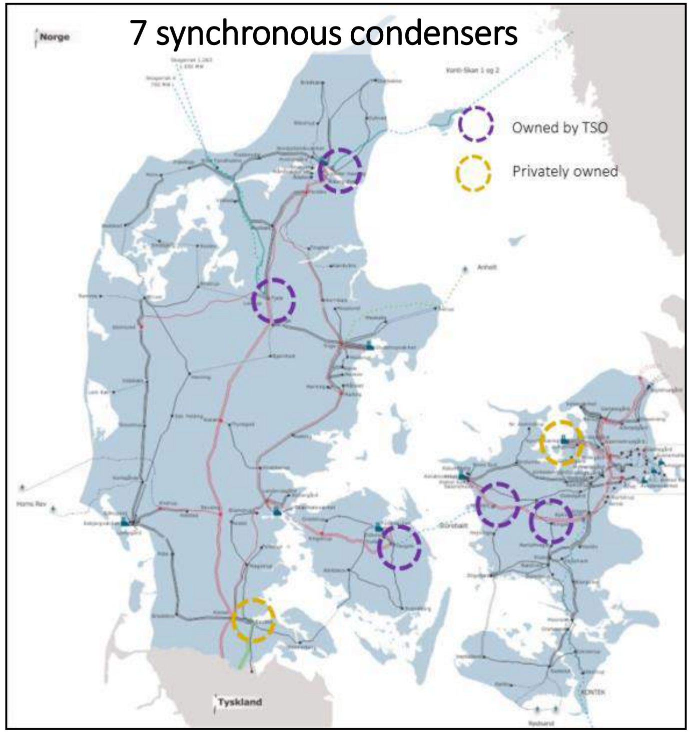
OPERATION WITHOUT CENTRAL POWER PLANTS
中央集中型の発電設備を活用しない系統運用





（凡例）
太陽光
風力
地域分散型 CHP
中央集中型 CHP
価格
需要

7基の同期調相機

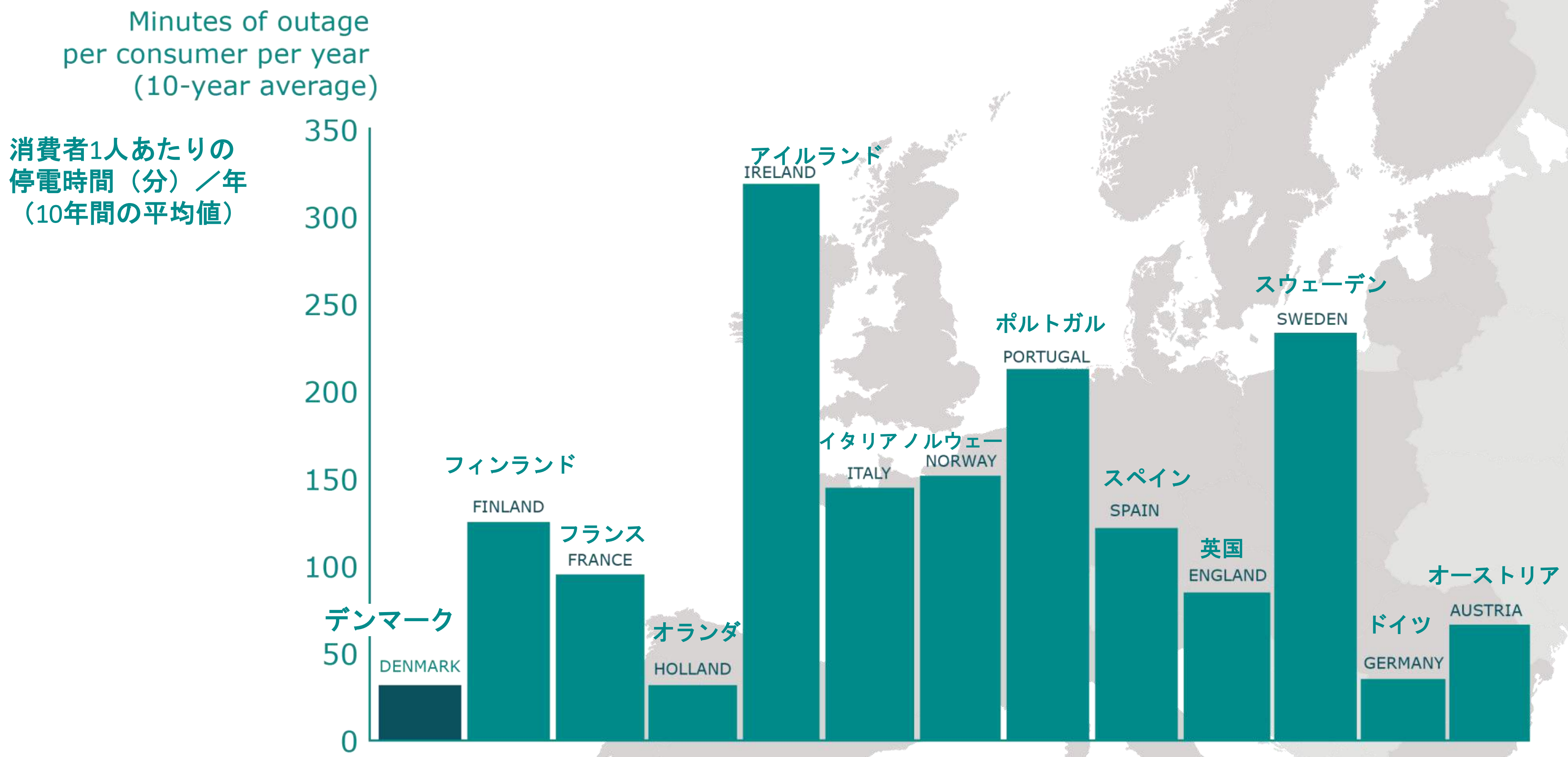


OUTAGE MINUTES IN EUROPE
欧州の停電時間（分）

- VERY HIGH SECURITY OF SUPPLY IN DENMARK IN PERIOD WITH INCREASING SHARE OF RENEWABLES

ー自然エネルギー導入量の増加時期においても、デンマークの電力供給は極めて高い安定性を実現

ENERGINET



ENERGINET

AGENDA
アジェンダ

- Introduction to Energinet – the Danish TSO for electricity and gas
- The Danish electricity system with 43% wind power
- Energinet’s toolbox for efficient integration of variable renewable energy
  エナギネット社のツールキット：効率の良いVRE統合
- Towards a fossil-free energy system by 2050

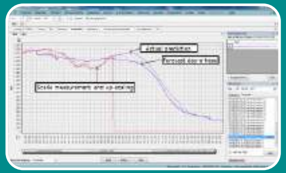
TOOLBOX FOR EFFICIENT LARGE SCALE RES INTEGRATION

変動型自然エネルギーの効率的な大量導入に向けたツールボックス

Strong transmission grids and interconnectors
強固な送電系統と国際連系線

International electricity markets
国際的な電力市場

Flexible generation system
柔軟性のある発電システム



Specialized forecasting and operational planning tools
専門的な需給予測・系統運用計画ツール

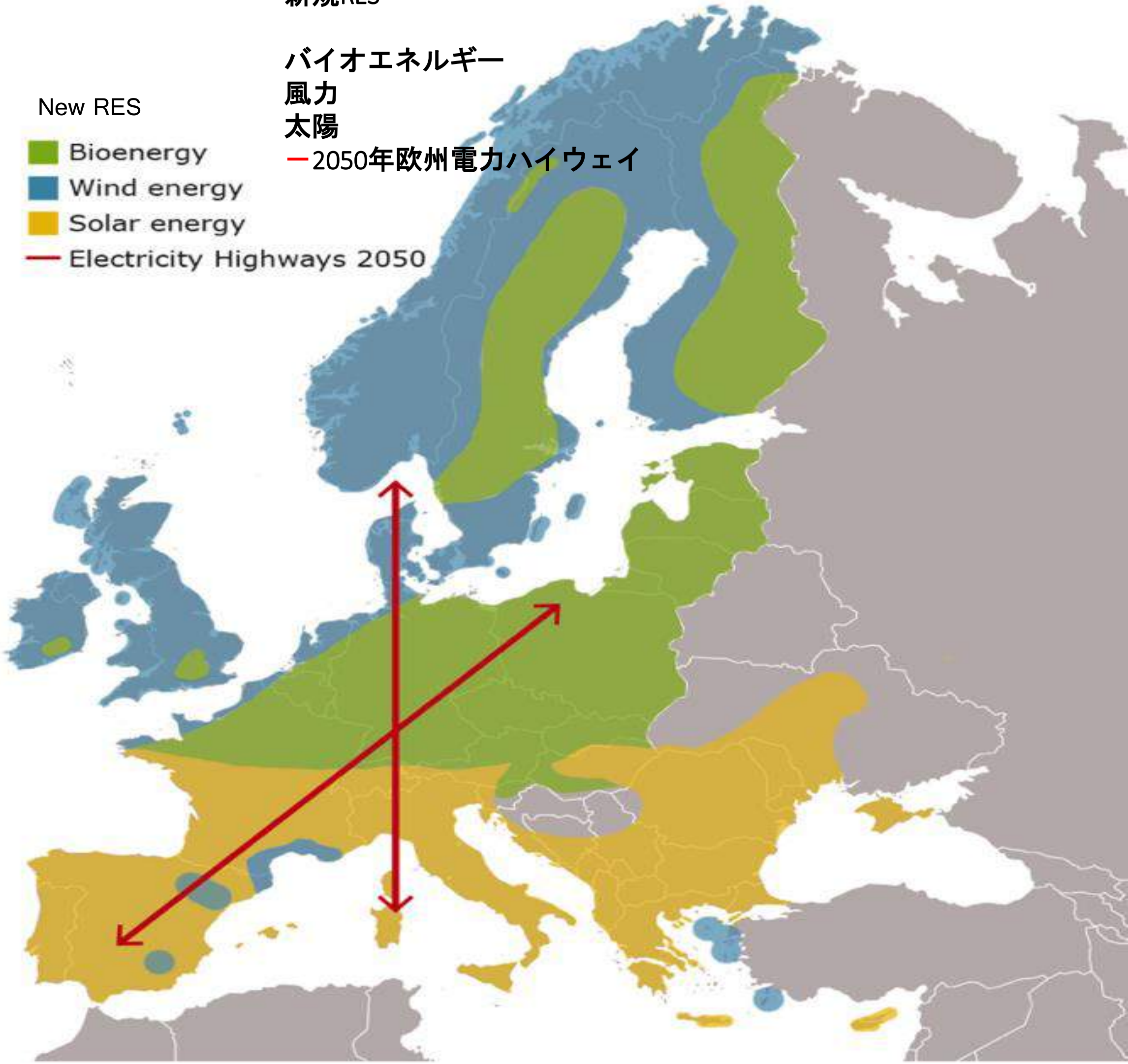
TRANSMISSION GRIDS
送電系統

- Variable RES drives grid investments
  変動型自然エネルギーが系統への投資を促進
- Strong grids enable
  強固な系統が実現するのは・・・
  - Optimal utilization of generation capacity
    発電設備容量の利用最適化
    - merit order dispatch
    メリットオーダーに基づく給電指令
  - Balancing in larger diversified areas
    多様な地域間の需給バランシング
  - Sharing of reserves
    供給予備力の共有

⇒ **A positive business case for grid investments**
系統への投資を促すポジティブなビジネス事例

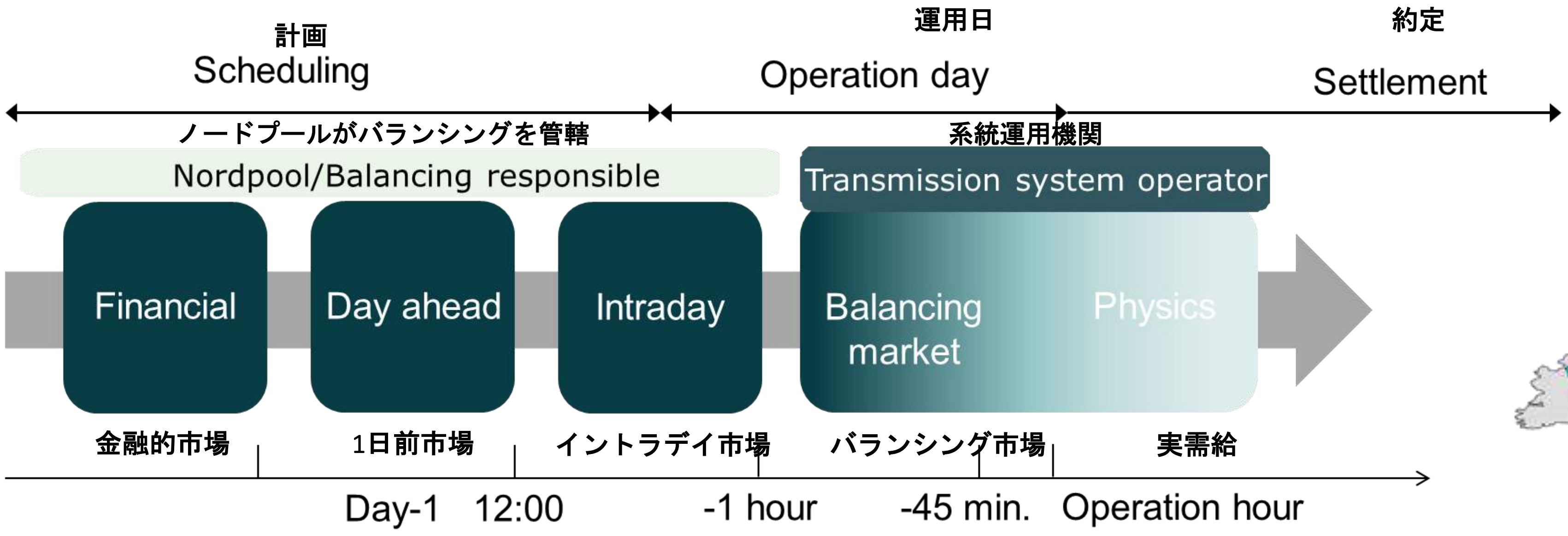
新規RES

バイオエネルギー
風力
太陽
ー2050年欧州電力ハイウェイ

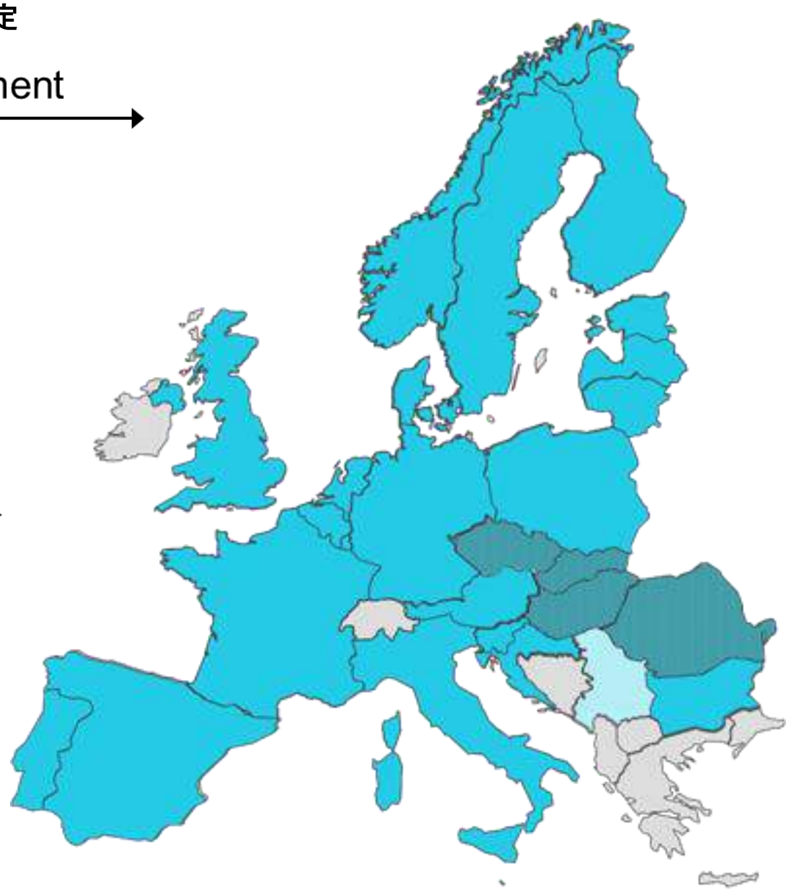


ENERGINET

THE ELECTRICITY MARKETS
電力市場



Trade in Nordic area: 500 TWh 4TWh 2TWh



European market coupling
欧州の市場統合

FLEXIBILITY OF POWER PLANTS
発電設備の柔軟性

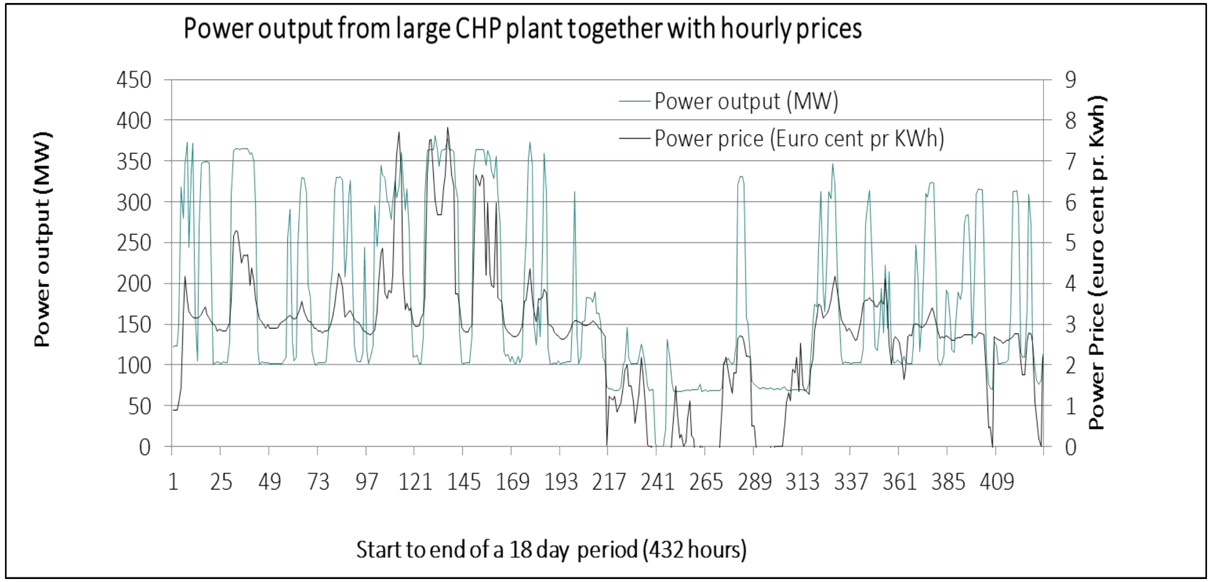
Technical key data of Esbjergværket CHP Plant

Commissioned	1992
Max power production (net)	378 MW
Max district heat production	460 MJ/s
Coal consumption at full load	120 t/h
Oil consumption at full load	73 t/h
Steam pressure	251 bar
Steam temperature	560 °C

Operational range: 10 - 100%
運転可能範囲
Regulating rate: 3 - 4% per minute
調整範囲
+ Heat accumulators and electric boilers

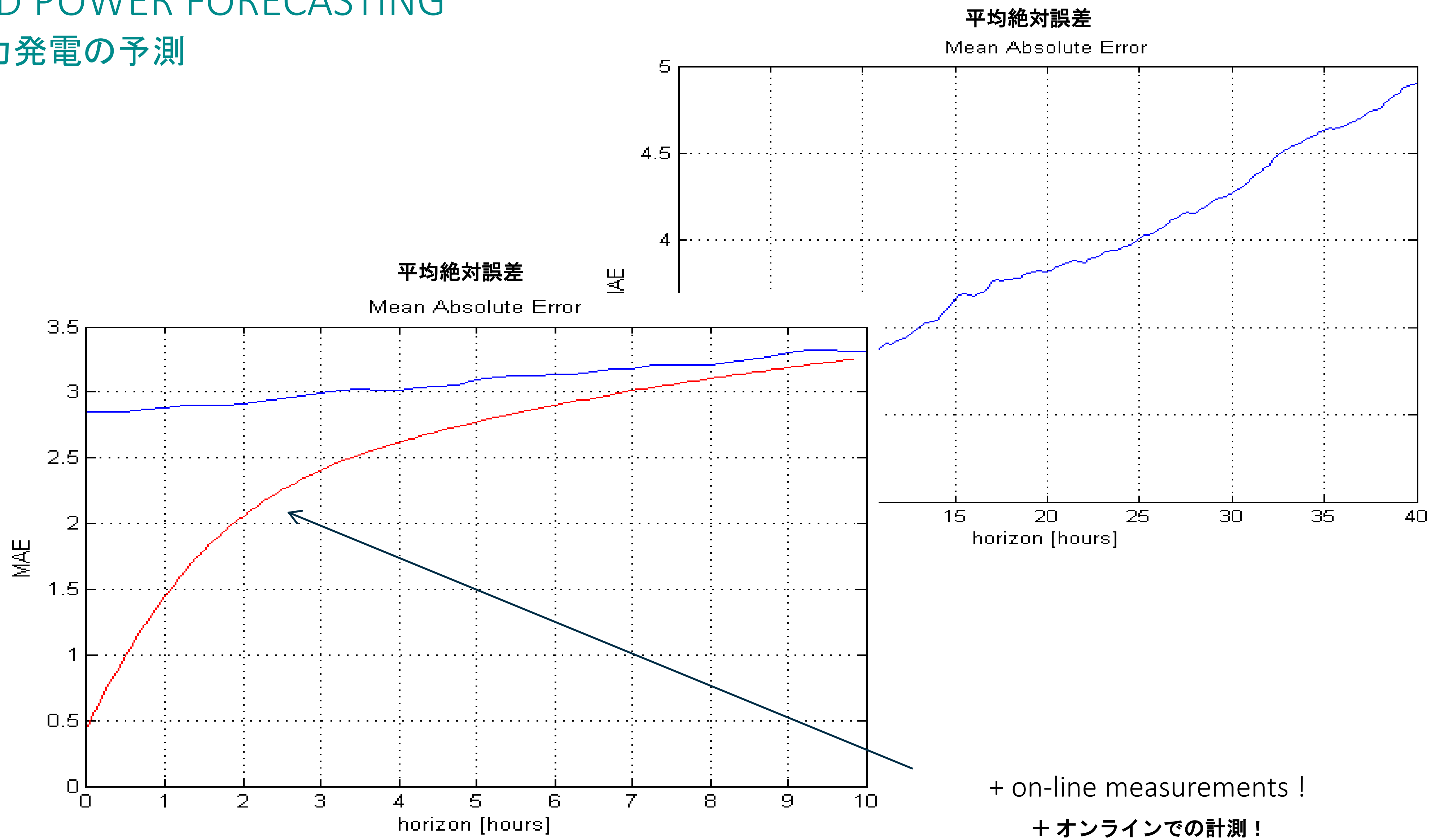
＋蓄熱器・電気ボイラー

大規模CHPプラントの発電出力と電力価格



WIND POWER FORECASTING

風力発電の予測



+ on-line measurements !

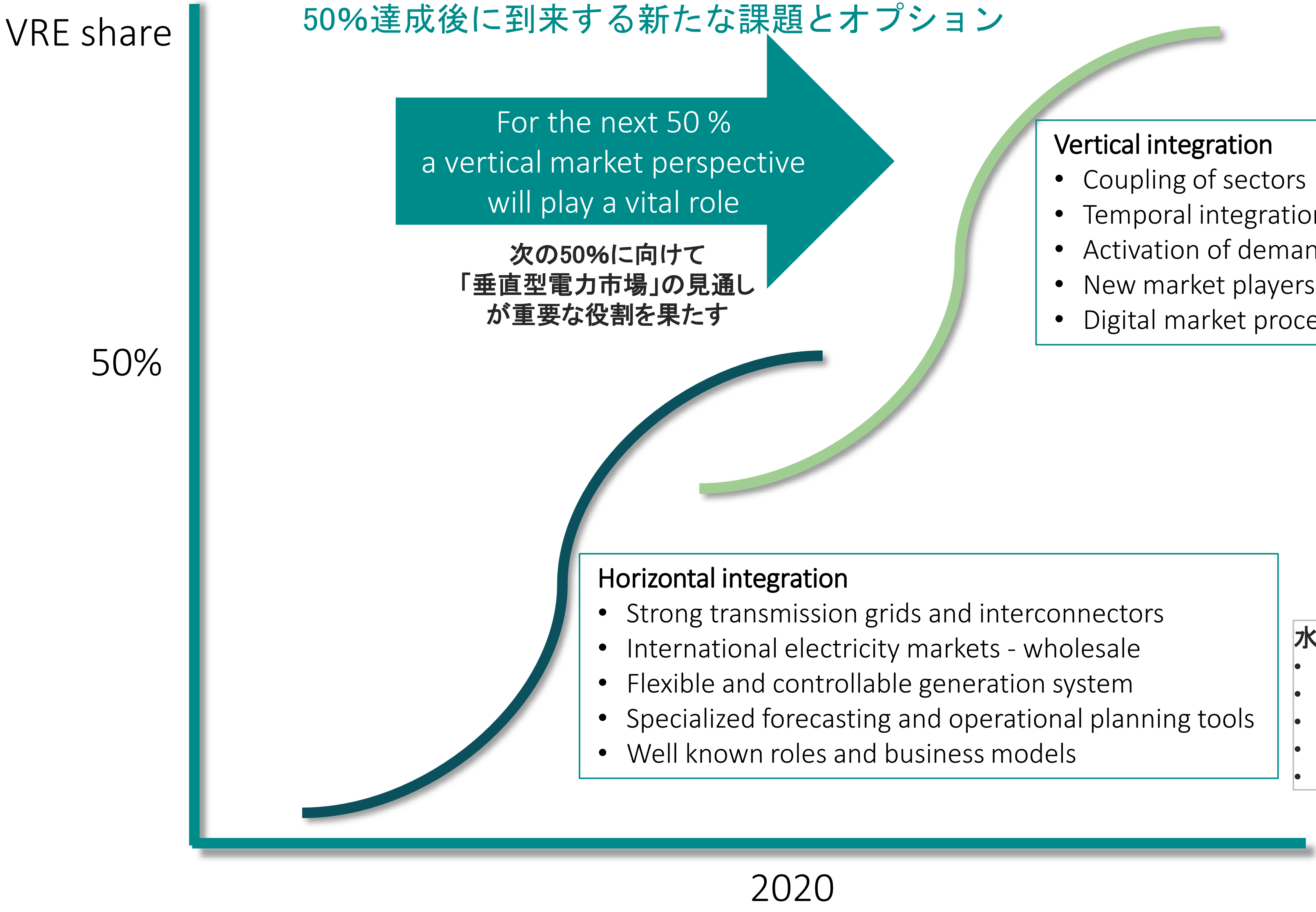
＋オンラインでの計測！

AGENDA
アジェンダ

- Introduction to Energinet – the Danish TSO for electricity and gas
- The Danish electricity system with 43% wind power
- Energinet’s toolbox for efficient integration of variable renewable energy
- Towards a fossil-free energy system by 2050

  2050年に向けて：化石燃料への依存から脱却したエネルギーシステム

INTEGRATION OF VRE
変動型自然エネルギーの統合
- AFTER THE FIRST 50% NEW CHALLENGES AND OPTIONS ARISE
50%達成後に到来する新たな課題とオプション



For the next 50 %
a vertical market perspective
will play a vital role

次の50%に向けて
「垂直型電力市場」の見通し
が重要な役割を果たす

Vertical integration

- Coupling of sectors
- Temporal integration – storage
- Activation of demand side - retail
- New market players and business models
- Digital market processes – free data and low transaction costs

垂直統合

- セクターの結合
- 暫定的な統合 – 蓄電池
- 需要サイドの活性化 – 小売
- 新たな市場プレイヤーと新規ビジネスモデル
- 市場プロセスのデジタル化 – 無償データ、取引コストの低減

Horizontal integration

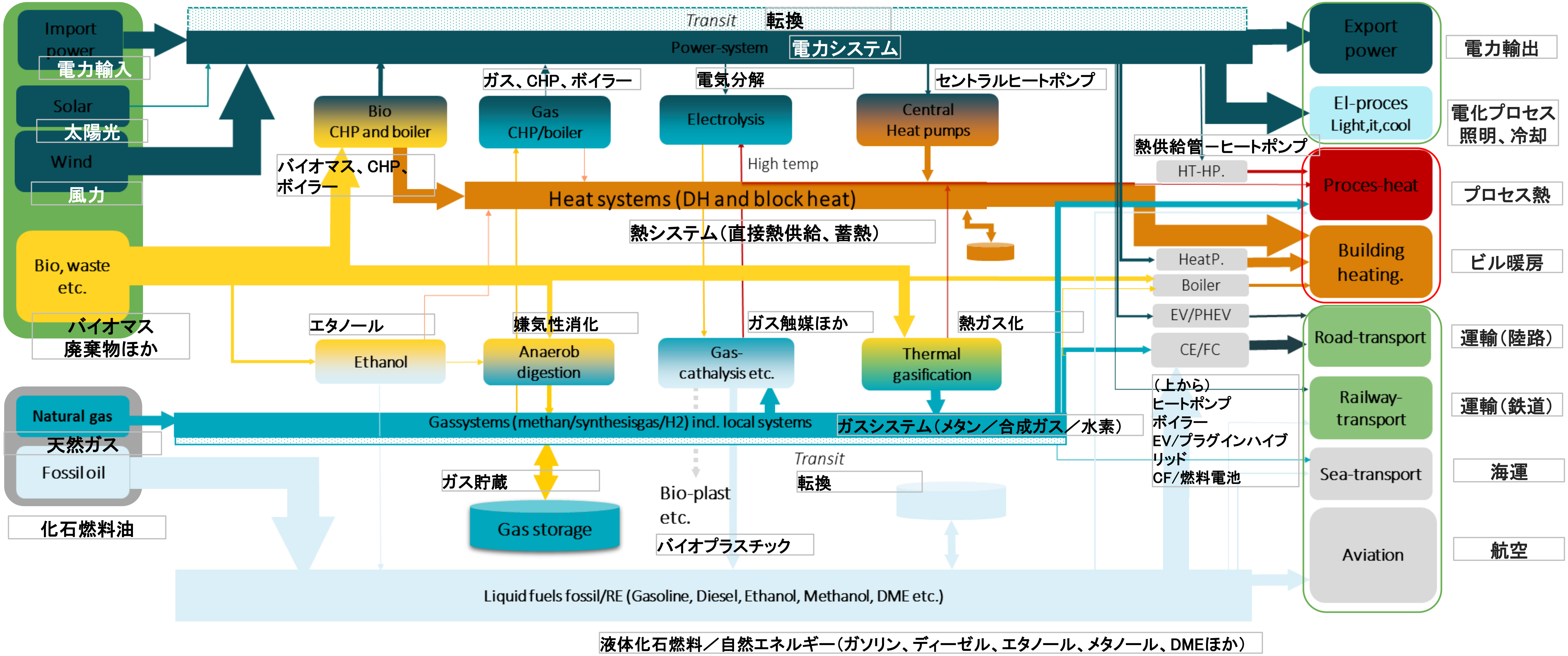
- Strong transmission grids and interconnectors
- International electricity markets - wholesale
- Flexible and controllable generation system
- Specialized forecasting and operational planning tools
- Well known roles and business models

水平統合

- 強固な送電系統と国際連系線
- 国際的な電力市場 – 卸
- 柔軟性があり、制御可能な発電システム
- 専門的な需給予測・運用計画ツール
- 周知の役割とビジネスモデル

FLEXIBILITY IN A COHERENT ENERGY SYSTEM
一貫したエネルギーシステムの柔軟性

2035 – Reference with fossil free electricity and heating systems
2035年 ー 化石燃料から脱却した電力・熱システム



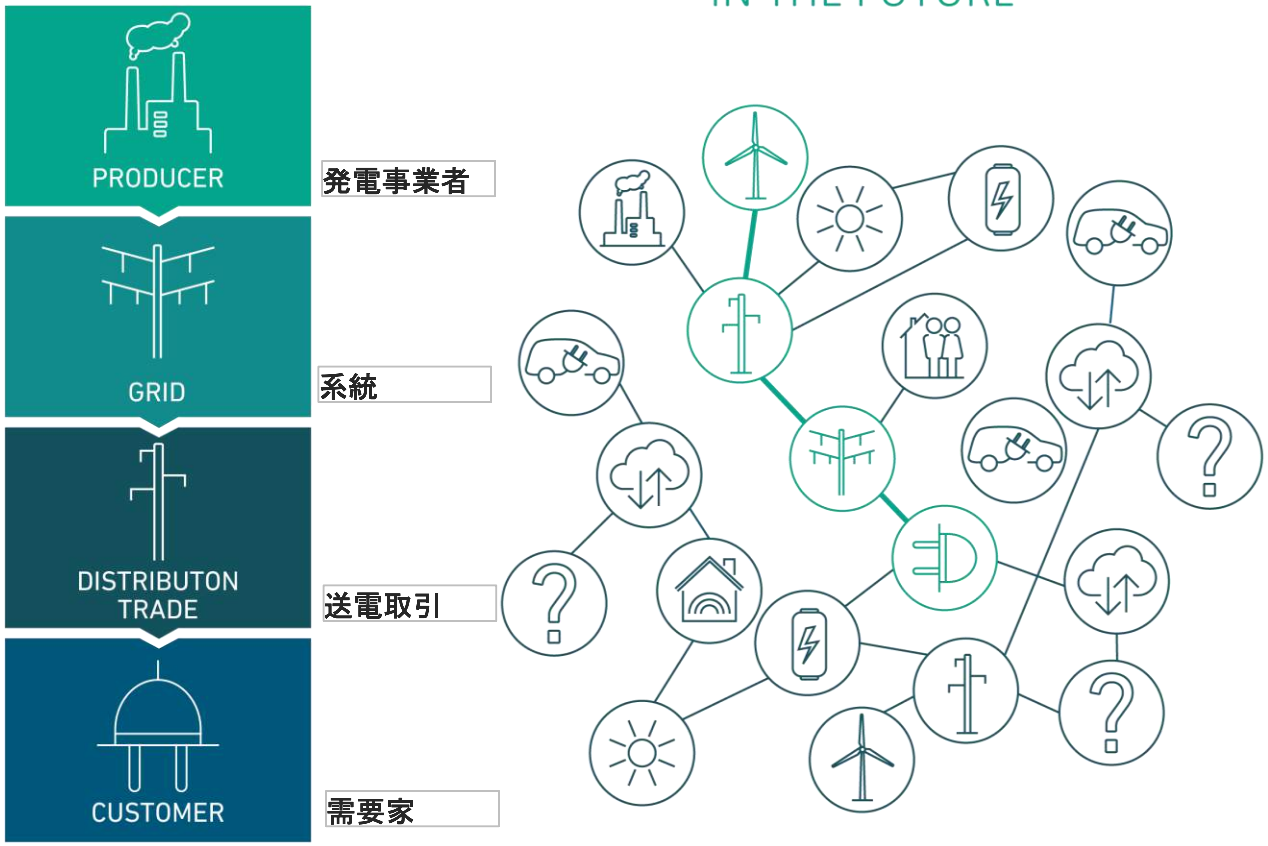
THE ENERGY VALUE CHAIN IS TRANSFORMING
変革しつつあるエネルギーのバリューチェーン

従来

BEFORE

将来

IN THE FUTURE



New decentralised developments
新たな分散型ビジネスモデルの発展

- Distributed generation
  - **分散型電源**
- Technology and data driven business models
  - **技術・データ先行型のビジネスモデル**
- Digital platforms supporting business models and security of supply
  - **デジタルプラットフォームが支えるビジネスモデルと安定供給**
- Micro transactions of energy as an added layer to the existing markets and infrastructure
  - **既存の市場とインフラに新たな層を加えるエネルギーの少額取引**

NORTH SEA WIND POWER HUB
北海の風力発電ハブ

A modular approach to large scale solutions

大規模ソリューションへの段階的なモジュラーアプローチ

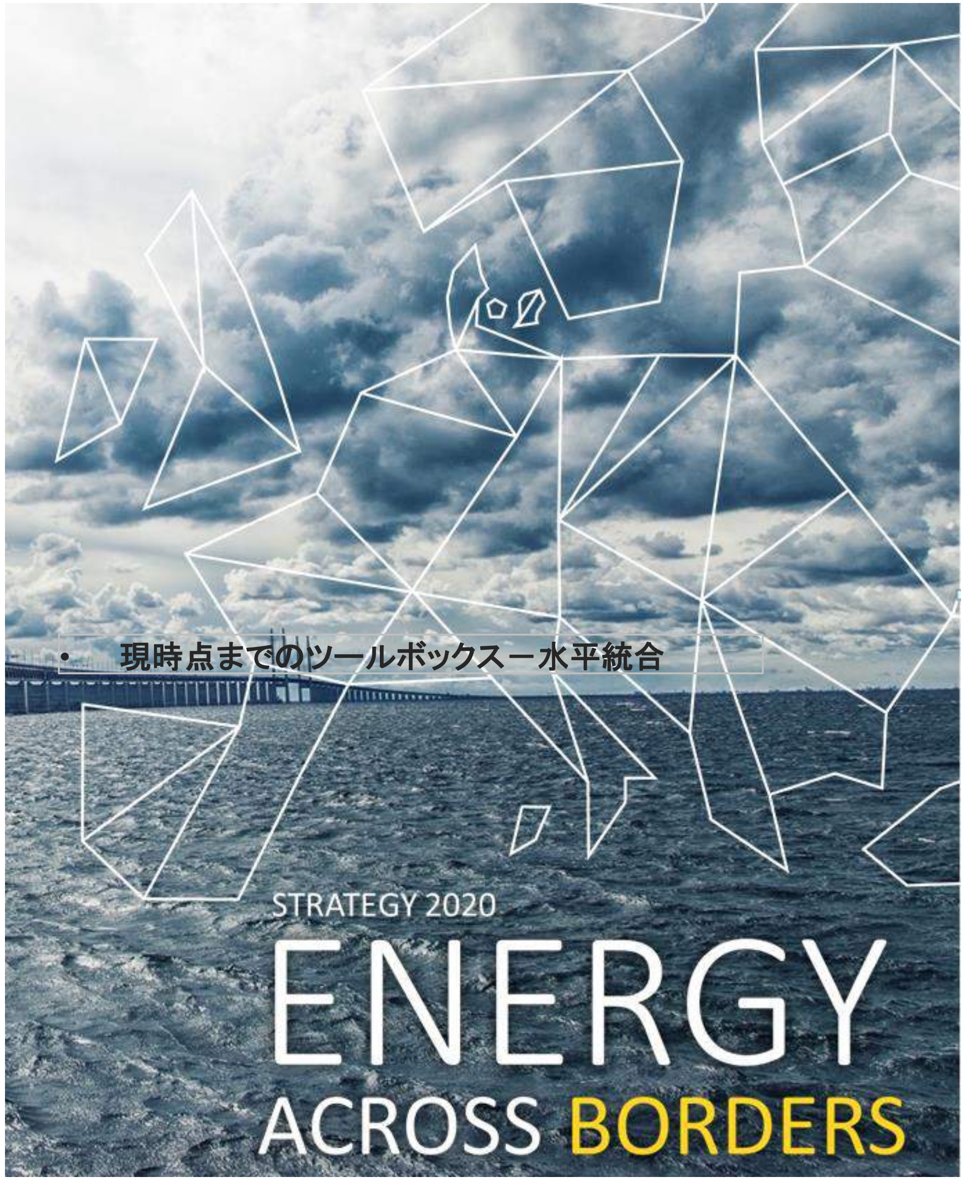
- Far shore becomes near shore
  - 遠方の対岸が近くの岸辺に
- Distribution point for different countries and interconnectors
  - 複数の国・国際連系線への配電ポイント
- Space for multiple converters (AC⟺DC)
  - 直交変換器向けのスペース
- Perspective for Power-to-Gas
  - 電力ガス化（Power-to-Gas）への展望

➢ Cost reductions for grid connection of offshore wind power
  ➢ 洋上風力発電の系統接続コスト低減

SUMMING UP　まとめ

ENERGINET

- Danish plans and goals:　**デンマークの計画と目標**
  - 2020: Wind power will constitute 50% of the electricity consumption
    2020年：風力発電が電力消費の50%を占める
  - 2030: RES will constitute 55% of the energy consumption
    2030年：変動型自然エネルギーがエネルギー消費の55%を占める
  - 2050: Denmark must be independent of fossil fuels
    2050年：デンマークは化石燃料への依存から脱却している
- Toolbox until now – horizontal integration: **現時点でのツールボックスー水平統合**
  - Strong transmission grids and interconnectors　強固な送電系統と国際連系線
  - International electricity markets　国際的な電力市場
  - Flexible and controllable generation system　柔軟性があり制御可能な発電システム
  - Specialized forecasting and operational planning tools　専門的な予測・運用計画ツール
- Long term enablers – vertical integration:　**長期的な成功要因 – 垂直統合**
  - Flexibility in a coherent energy system – sector coupling
    一貫性のあるエネルギーシステムにおける柔軟性
  - Transformation of the energy value chain – data driven business models
    エネルギー・バリューチェーンの変革 ― データ先行型のビジネスモデル
  - Demand side flexibility　需要サイドの柔軟性
  - Both local and large-scale solutions　地域、大規模ソリューションの同時採用



THANK YOU FOR THE ATTENTION
ご清聴ありがとうございました

WWW.ENERGINET.DK