

# 市場取引の実際と効果 欧州の取引所を主に

2017年度第1回 再生可能エネルギー—経済学講座  
シンポジウム説明資料

2017年11月2日  
京都大学特任教授 山家公雄

# 目次

1. 自由化・分散型時代の課題と解決策
2. 二つの需給調整システム:  
中央給電指令と市場取引
3. ノルドプールの概要
4. ノルドプール: 取引モデルとスケジュール
5. EUの国際連系線計画
6. EEX & EPEX-spot

# 1. 自由化・分散型時代の 課題と解決策

# 自由化、分散型の効果と課題

- 自由化のメリット
  - \* 効率、公平、中立、技術、産業
- 自由化の懸念
  - \* 溜められない電気を市場に委ねると停電が起こる ← 中央給電指令
  - \* コスト保証がなくなると投資(融資)が難しくなる ← 総括原価
  - \* 新規参入者は公平扱われるか? ← 先着優先
- 分散型化(再エネ、省エネ)のメリット
  - \* 自立、環境、防災、柔軟、輸送効率、立地の価値
- 分散型化(再エネ普及)の懸念
  - \* 価格が上がる、予測が難しいのではないか。
  - \* 屋根置太陽等が普及すると供給システムが綻ぶ(デススパイラル)
- 推進の前提、課題の解決策: システム改革
  - \* 送配電分離
  - \* 市場取引(所)の整備 ⇔ 今回は、ここにフォーカス

# 電力市場取引(所)の特徴と4つの効果

## ○取引所の特徴

- ・透明、非差別、競争(新規参入者含む)、価格指標
- ・取引の安定・安心: 清算(クリアリング)、決済(セトルメント)
- ・コンプライアンス
- ・イノベーション(←協調と競争)

## ○4つの効果

- ・卸価格低下 : メリットオーダー効果
- ・設備・技術の評価 : 限界費用革命
- ・送配電利用権の配分 : 間接オークション
- ・柔軟性創出 : 短期化、直前化

⇒結果として再エネ、省エネ普及

# システム改革の主役：市場整備

- 設備投資 (Investment) の判断：先渡し、先物取引
- 運用 (Operation) の判断：スポット、前日、当日
  - \* 引所：スポット (前日)、1時間前 (当日)、先渡し
  - ← 日本は、まだ殆どが相対取引
- DER普及 (投資) も同様
  - \* 太陽光、省エネ家電、蓄電池、コジェネ

(参考) “Transactive-Energy” 和訳本近々発刊 広告参照

\* 先渡しとスポット、電気と輸送

## 2. 二つの需給調整システム — 中央給電指令と市場取引 —

# 中央給電指令所



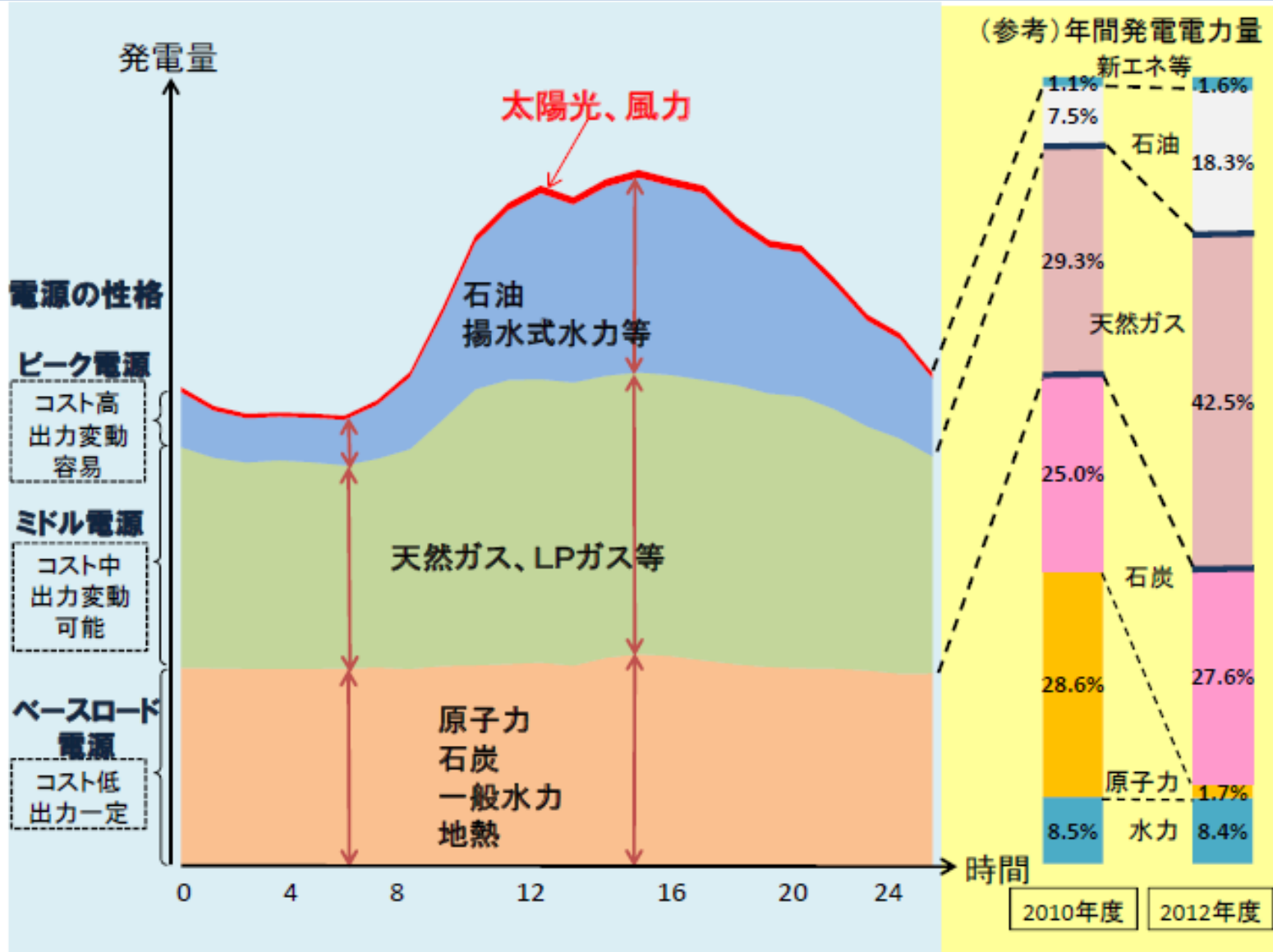
(出所) 東京電力



(出所) 日立製作所<sup>8</sup>



# (参考)電力需要に対応した電源構成

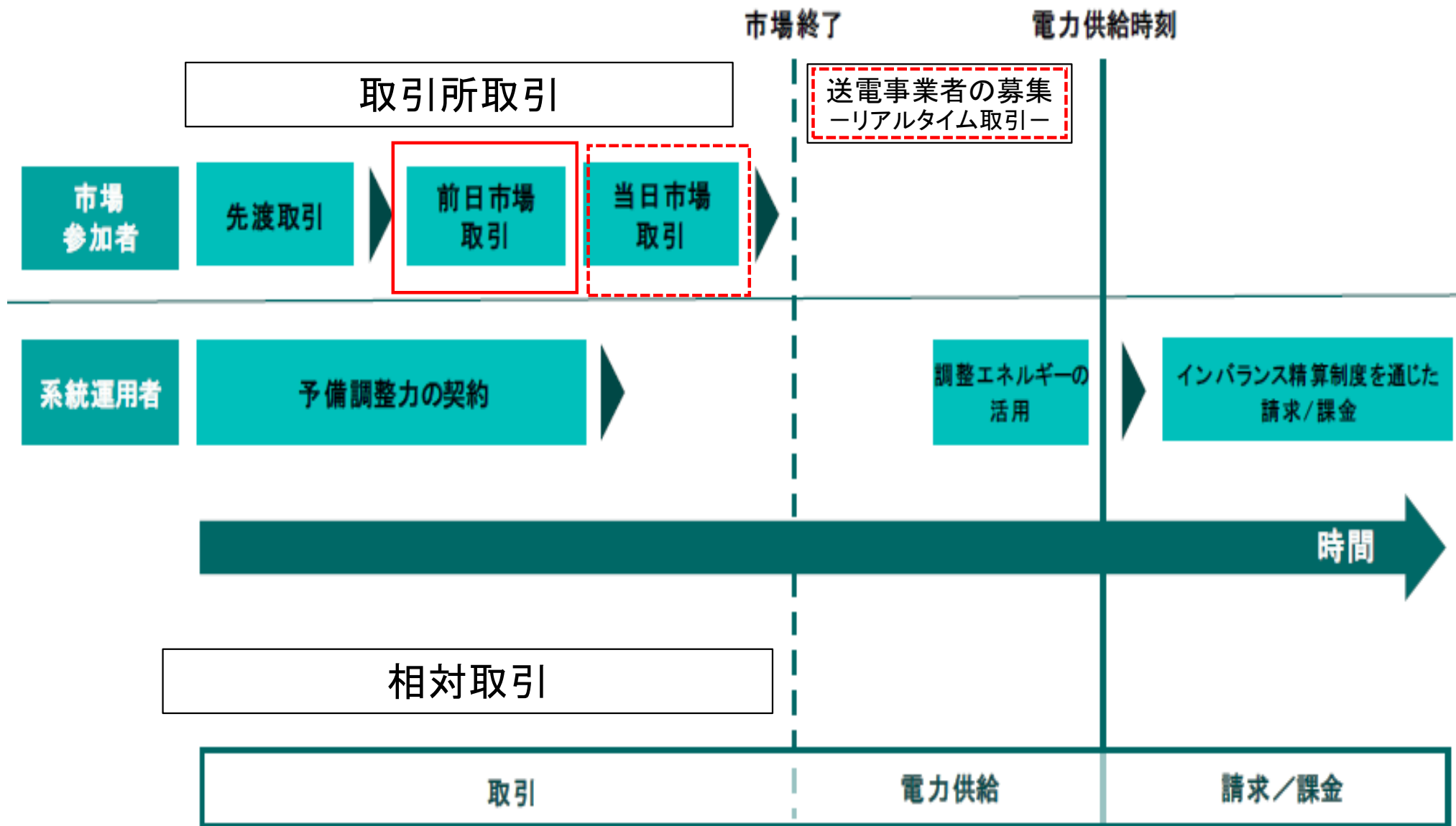


### 電源構成についての考え方

- ◇あらゆる面(安定供給、コスト、環境負荷、安全性)で優れたエネルギー源はない。
- ◇電源構成については、エネルギー源ごとの特性を踏まえ、現実的かつバランスの取れた需給構造を構築する。
- ◇そのためのベストミックスの目標を出来る限り早く決定する。

ベースロード電源: 発電コストが低廉で、昼夜を問わず安定的に稼働できる電源  
 ミドル電源: 発電コストがベースロード電源に次いで安く、電力需要の変動に応じた出力変動が可能な電源  
 ピーク電源: 発電コストは高いが電力需要の変動に応じた出力変動が容易な電源

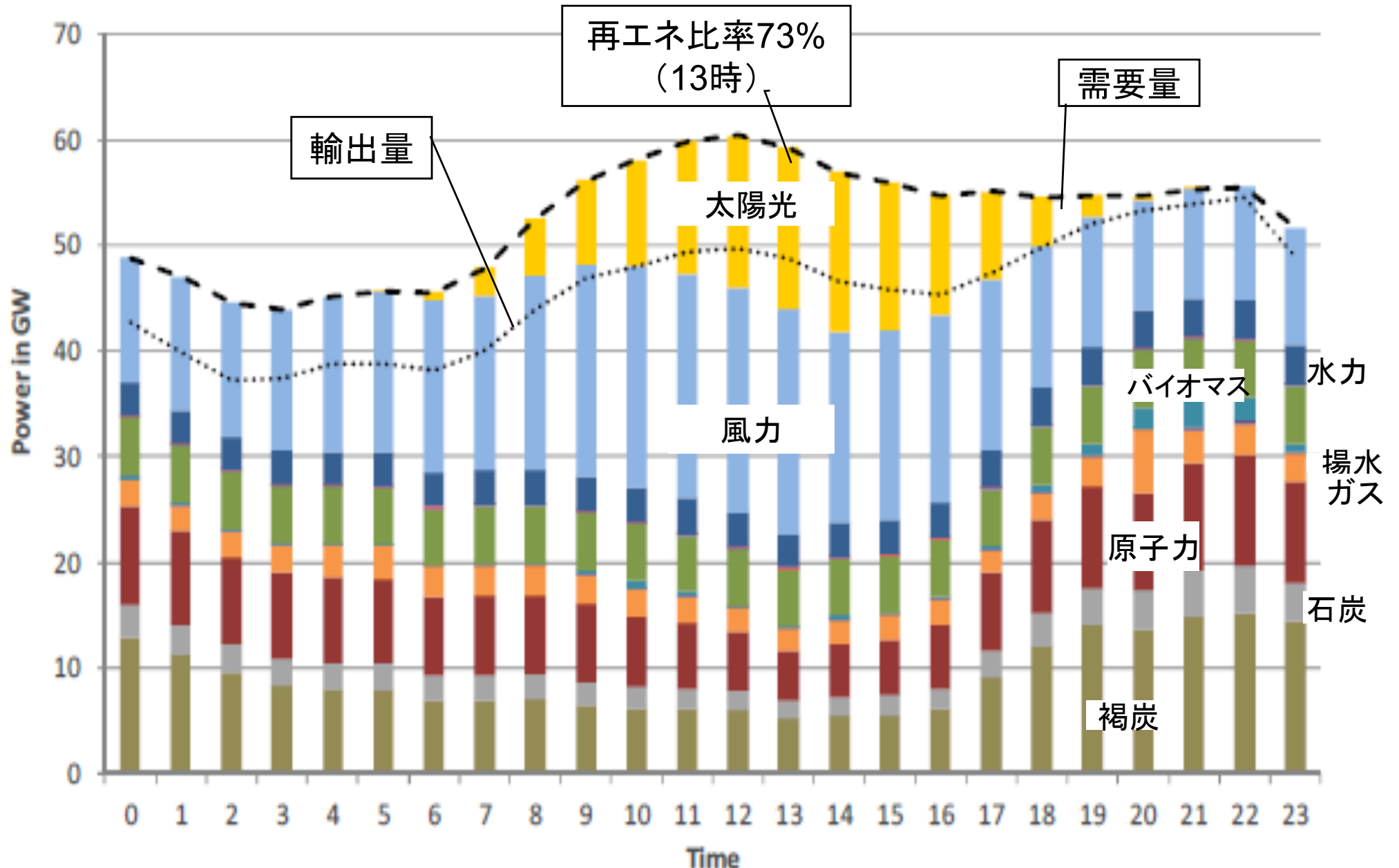
# 時間軸で見た電力市場の構造



資料: Federal-Ministry-for-Economic-Affairs-And-Energy (2014), P.9, Figure I.

出所: 京都大学諸富徹教授、一部山家加筆

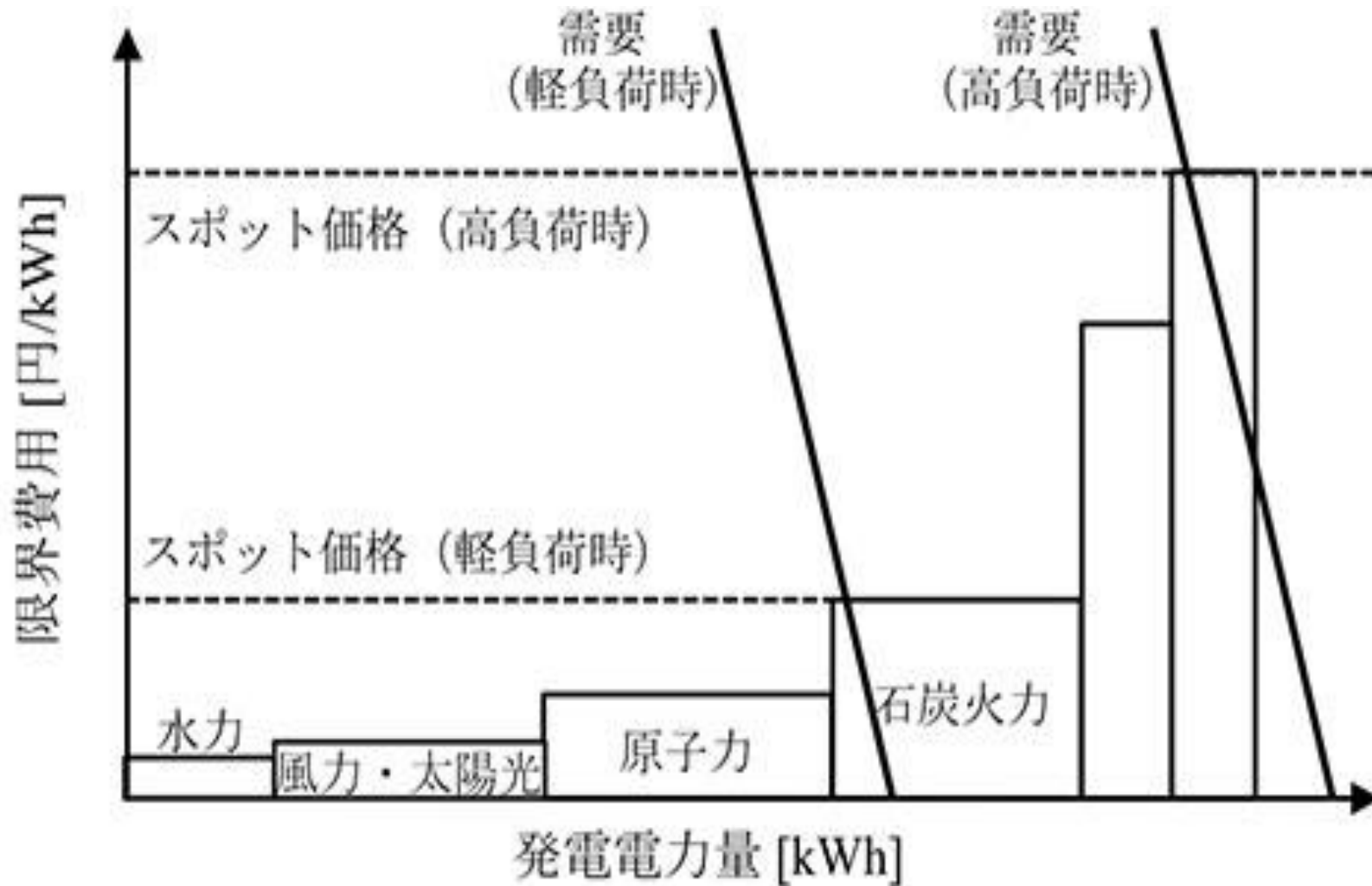
# 2014年5月11日のドイツ電力需給状況



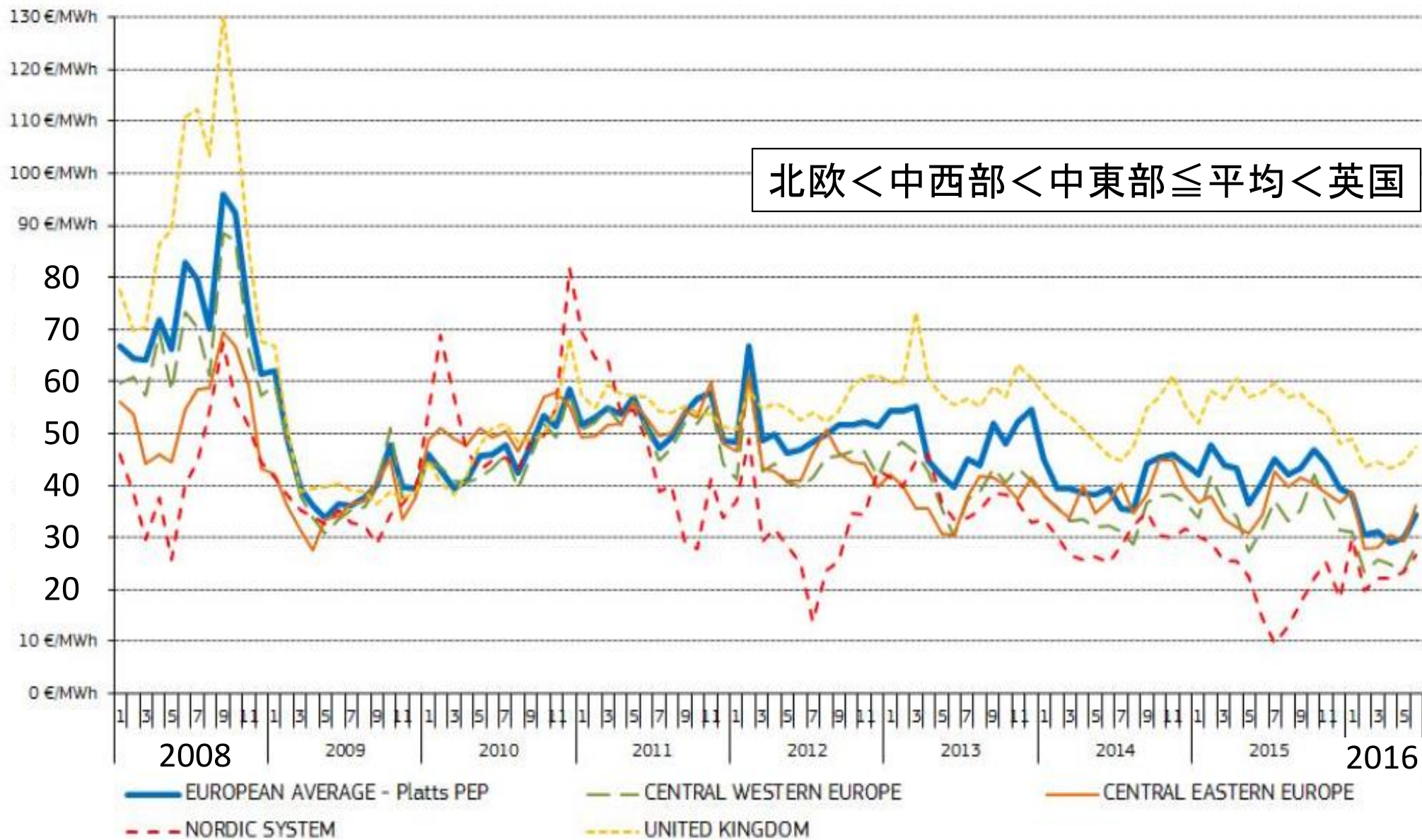
(資料)ドイツ4送電会社公表データ

(出所) Thomas Ackermann, Ph. D. に京大再エネ講座加筆

# メリットオーダーによるスポット価格の決定



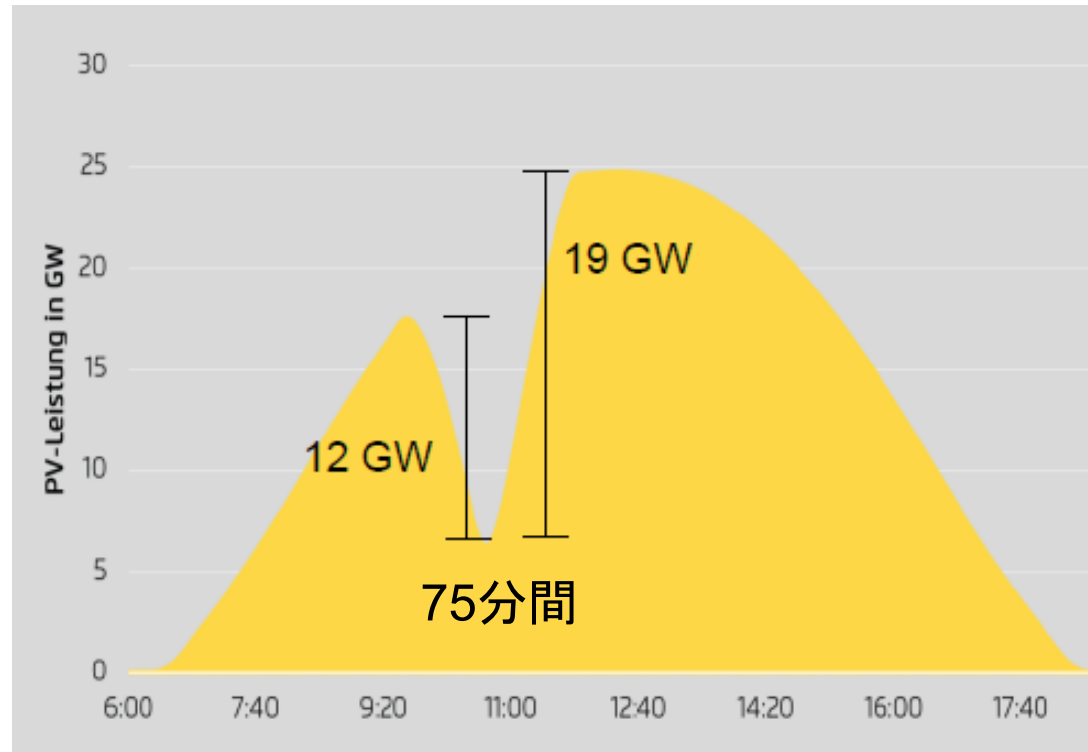
# €/MWh 電力卸価格の推移(欧州、前日取引、月単位)



(資料) Platts、欧州電力卸取引所

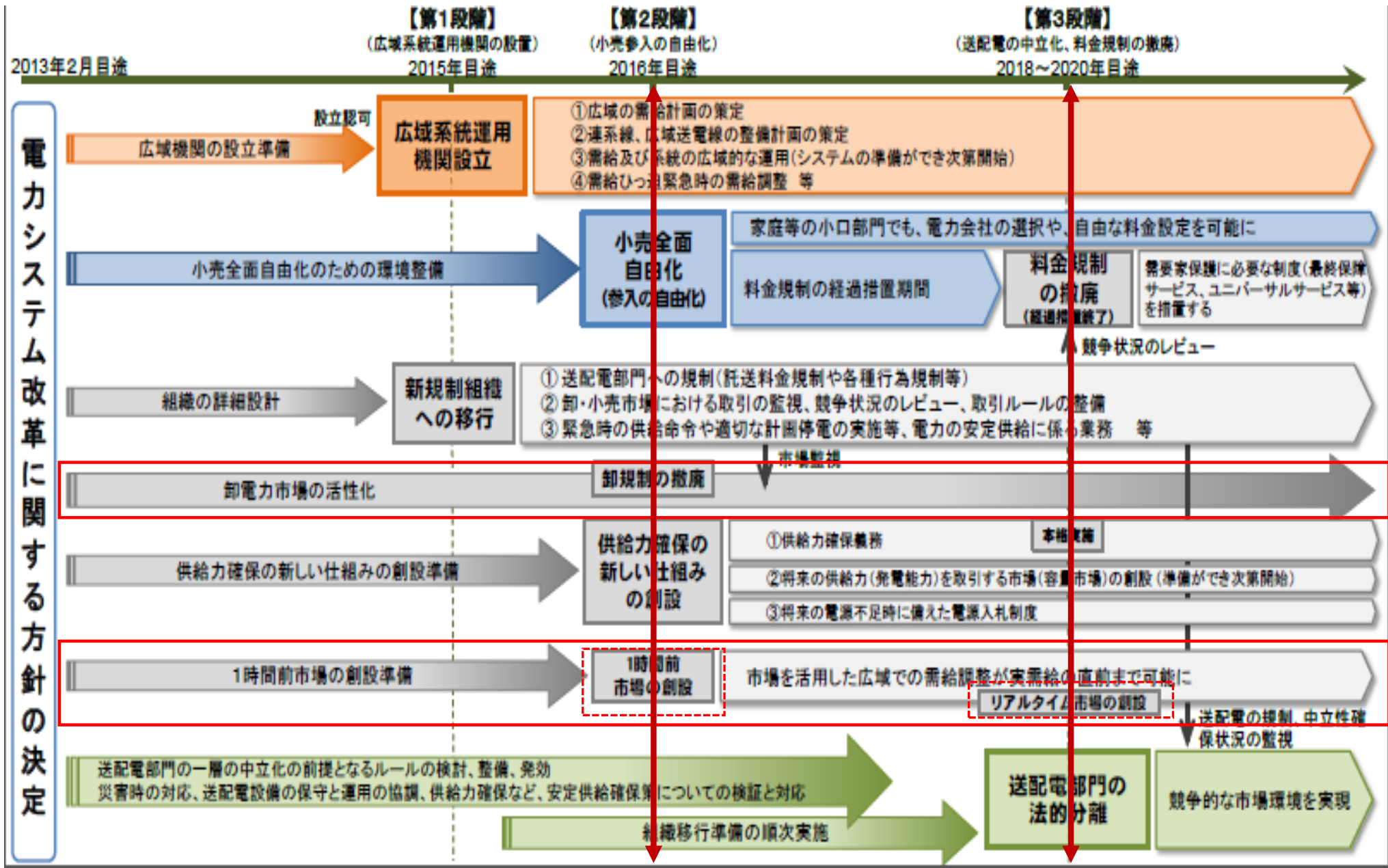
(出所) EU: Commission Staff Working Document、Energy prices and costs in Europe (2016/11)

# 日食時(3/20/15)の太陽光発電量とスポット市場価格推移 —フレキシビリティの発揮—



(出所) Agora-Energiewende

# 電力システム改革工程表：報告書案（日本）



# 3. ノルドプールの概要

- ・欧州を代表する卸電力取引市場
- ・世界の卸市場取引所の草分け
- ・主要任務
- ・欧州における広がり: PXの競争と協調
- ・取引量推移
- ・組織、会員
- ・商品・サービス



# ノルドプールの主要任務

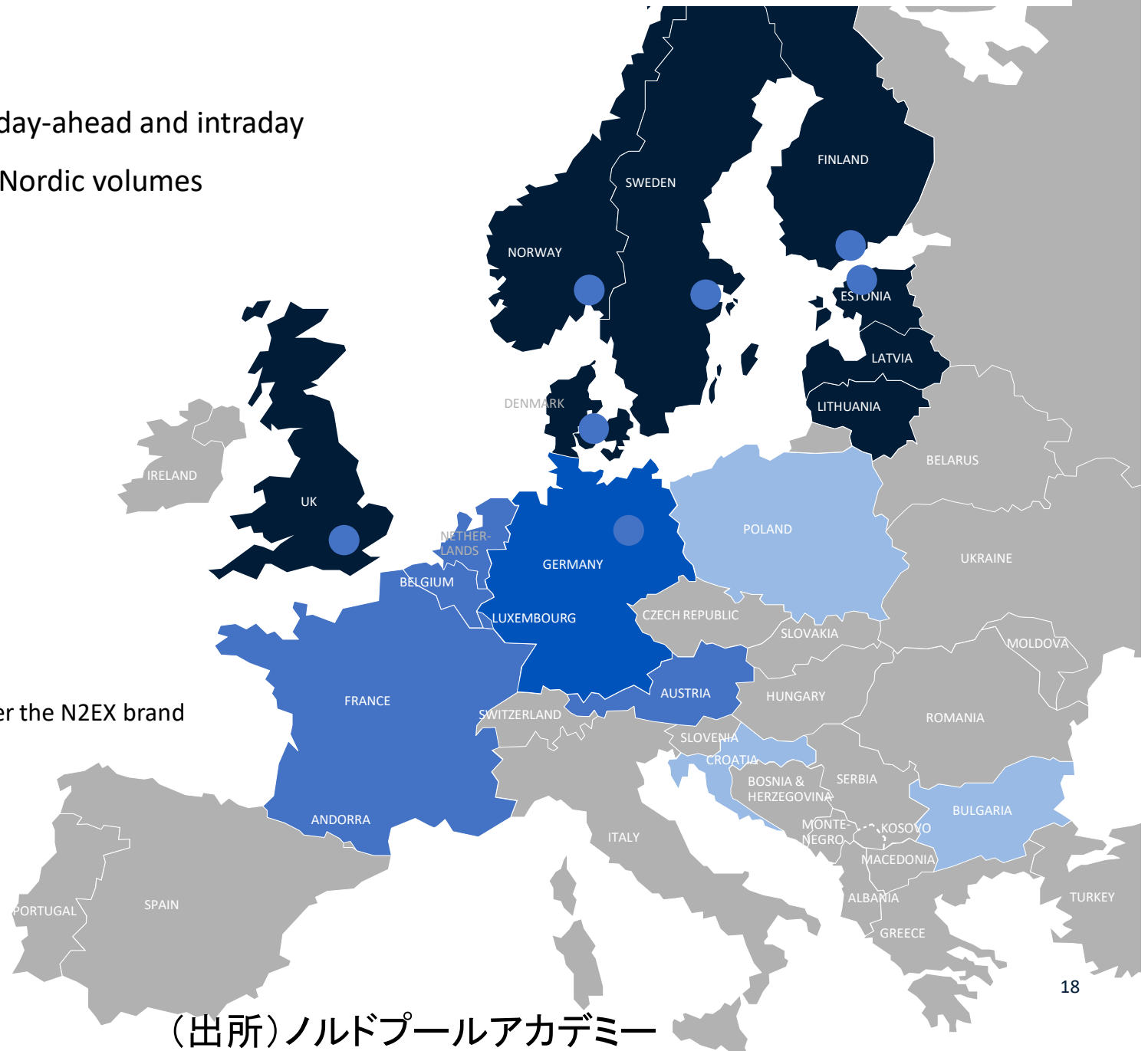
- ・電力卸売市場取引所。取引市場に関し、高い流動性と安全性を提供する
- ・電力卸売市場に関し、正確でタイムリーな情報発信を行い、透明性を確保する
- ・市場に対する平等なアクセスを提供する
- ・全ての取引を仲介し、決済と供給を保証する



(出所)ノルドプールアカデミーを和訳

# ノルドプール：欧州をリードする電力取引市場

- Nord Pool offices
- Nordic/Baltic and UK – day-ahead and intraday
- Intraday with access to Nordic volumes
- Serviced markets YTD



\*) In the UK, Nord Pool operates under the N2EX brand

# The Nordic is an integrated part of Europe



**NORD  
POOL**

## Norway:

- Population: 5,5 mill
- Peak load: 24 000MW
- Installed capacity: 30 000MW
- Annual Consumption: 119 TWh
- Normal production: 125 TWh
- Variation: 60 TWh
- Hydro production: 99%

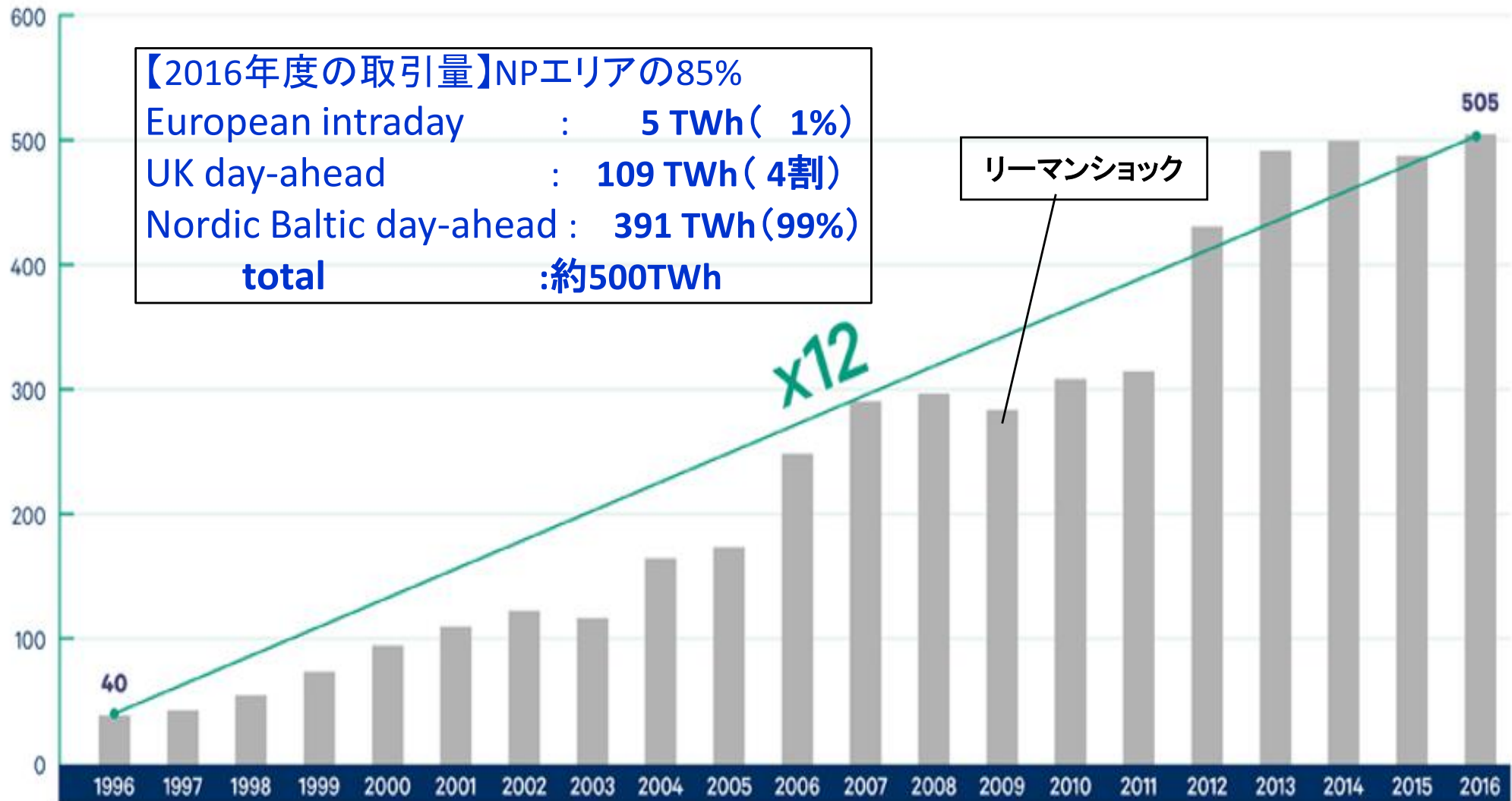
## Nordic:

- Population > 24 mill
- Peak load: 69 000MW
- Installed capacity: 89 000MW
- Annual consumption: 412 TWh
- Production:

- Hydro: 52%
- Nuclear: 14%
- Thermal: 32%
- Wind: 2%

# ノルドプール取引量の推移と現状

単位: TWh



【2016年度の取引量】NPエリアの85%  
European intraday : 5 TWh ( 1%)  
UK day-ahead : 109 TWh ( 4割)  
Nordic Baltic day-ahead : 391 TWh (99%)  
**total** :約500TWh

リーマンショック

x12

Introduction of  
Gross Bidding

Statkraft sign  
Gross Bidding

(出所)ノルドプールアカデミー資料に加筆

# Stakeholders



NORD  
POOL

- Owned by Nordic and Baltic transmission system operators (TSO)
- Regulated by Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)

Statnett – Norway – 28.2%

Elering – Estonia – 2%

Svenska Kraftnät – Sweden – 28.2%

Litgrid – Lithuania – 2%

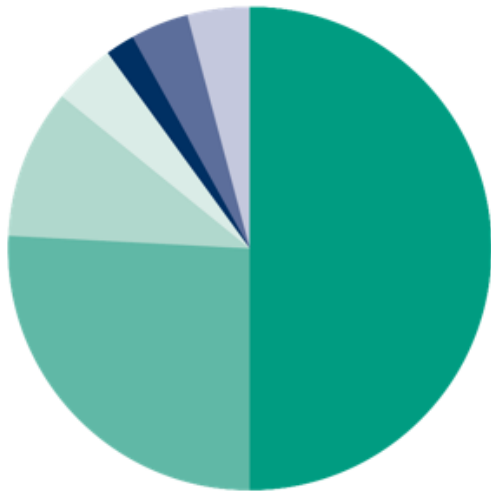
Energinet – Denmark – 18.8%

AST – Latvia – 2%

Fingrid – Finland – 18.8%

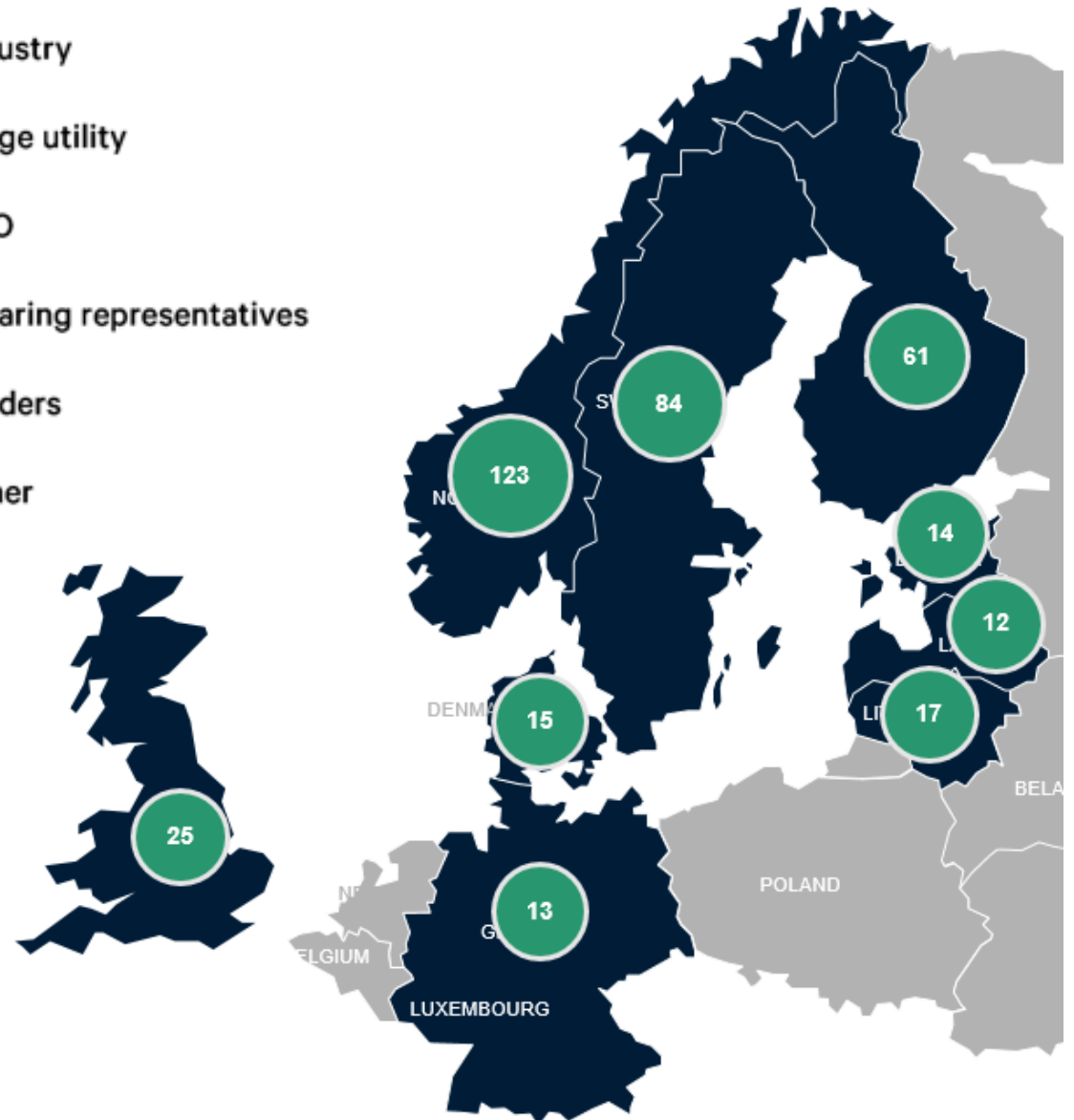
# ノルドプール会員メンバー(2016/6末)

 x380



- Local energy company
- Industry
- Large utility
- TSO
- Clearing representatives
- Traders
- Other

- ▶ Nord Pool has altogether approximately 380 members
- ▶ Majority of the members are Clients:
  - Client: 59% (222)
  - Participants: 40% (149)
  - Client representatives: 2% (6)
- ▶ Currently 20 different countries represented through members
- ▶ High level of versatility in terms of the type of market participants:
  - End consumers, producers, retailers, brokers
  - Starts ups and very large utilities
  - Industrial companies, municipalities, service providers, etc.



(出所)ノルドプールアカデミー

15 members from other countries

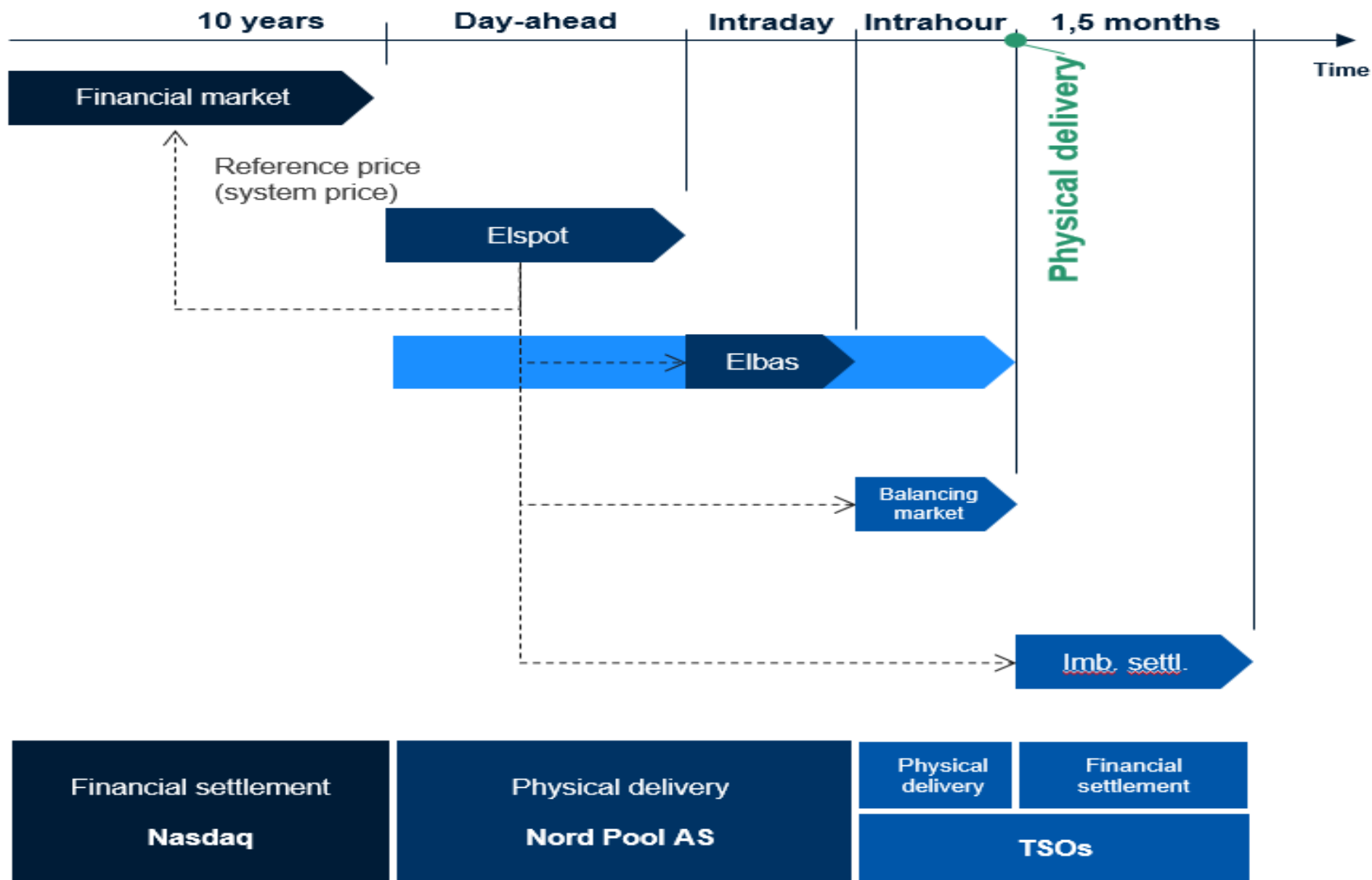
# Products and services

- Application Programming Interface – APIs
  - \*NP市場を統合し、取引を容易にする内部システム
- Nord Pool Day-ahead Web
- Nord Pool Intraday Web
- Clearing Web
- Compliance REMIT Reporting
  - \*REMIT:REgulation on wholesale energy Market Integrity and Transperancy
  - \*The first set of common rules for wholesale energy markets in Europe :
- Compliance UMM
  - \*REMIT Urgent Market Mmessages

## 4. ノルドプール 取引モデルとスケジュール



# 電力取引に係るノルドプールモデル

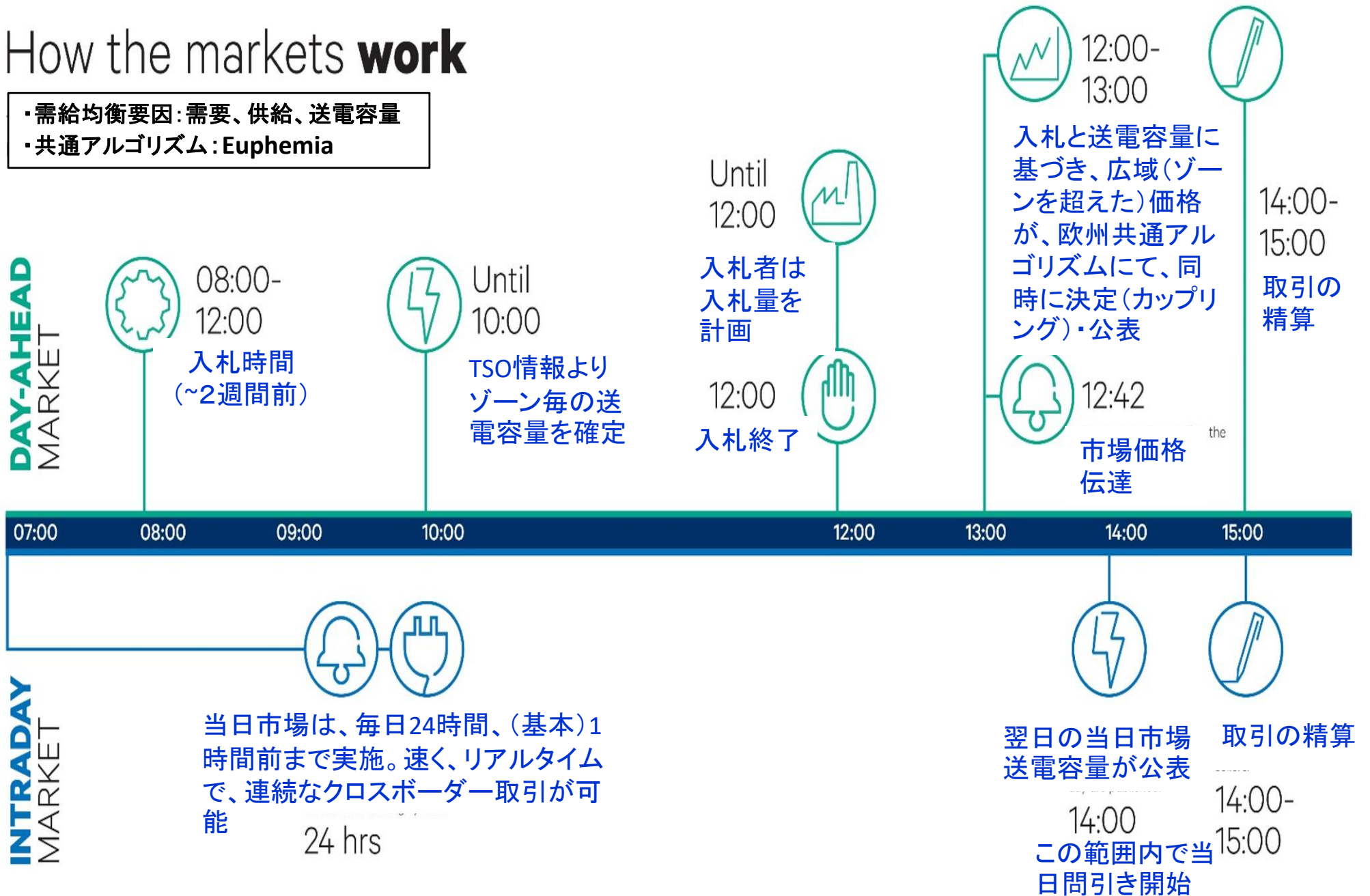


(出所)ノルドプールアカデミー

# ノルドプールの前日、当日市場スケジュール

## How the markets **work**

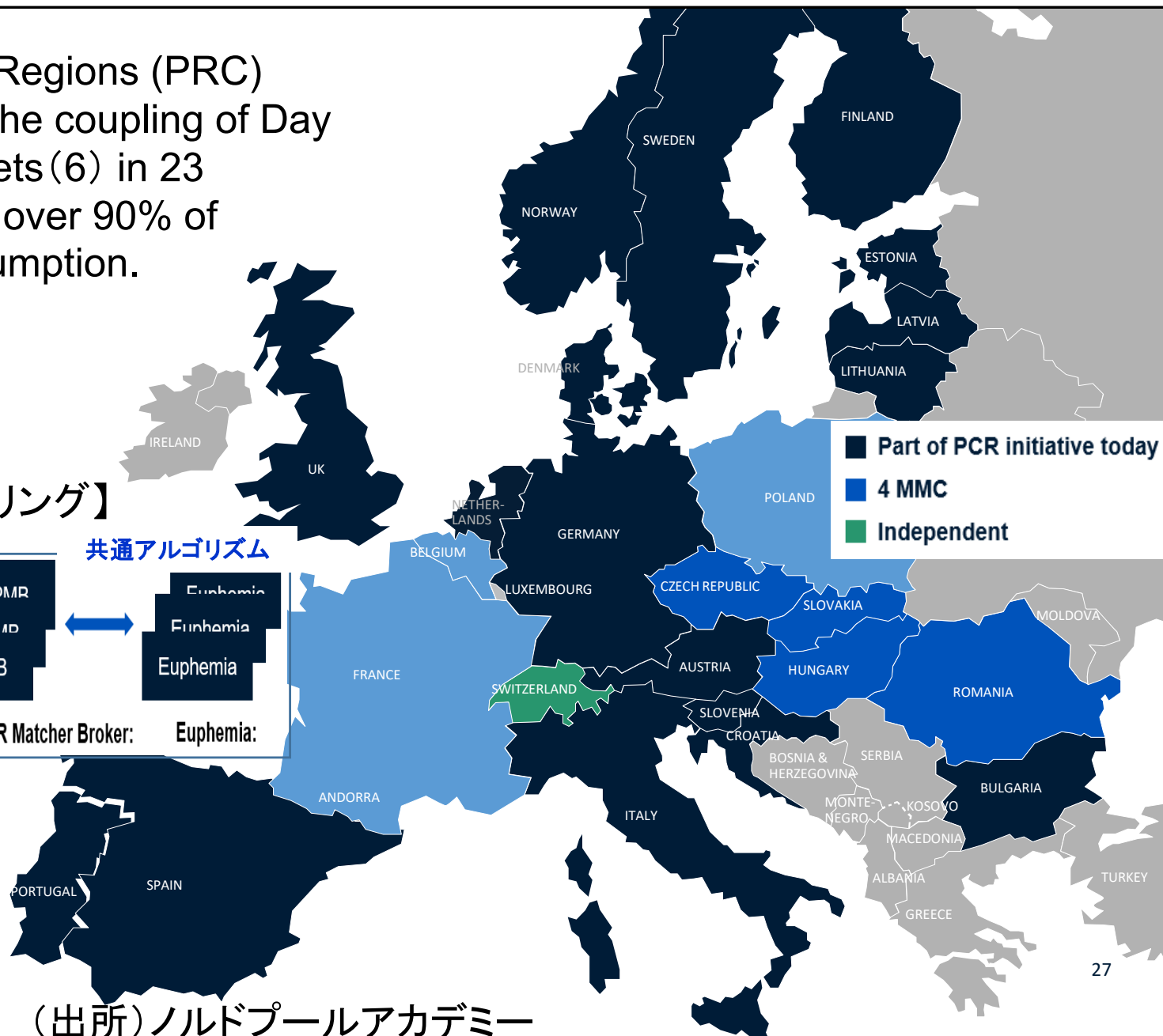
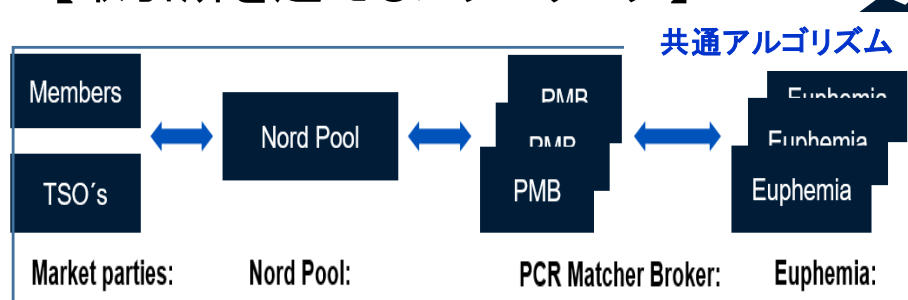
- ・需給均衡要因: 需要、供給、送電容量
- ・共通アルゴリズム: Euphemia



# 前日市場価格(DA)は、欧州大で同時に決定 PCR: The Price Coupling of Regions

The Price Coupling of Regions (PCR) initiative now enables the coupling of Day Ahead electricity markets (6) in 23 countries representing over 90% of European power consumption.

## 【取引所を超えるカップリング】



(出所)ノルドプールアカデミー

# Nord Pool当日市場ウェブ:市場取引状況一覧

Product	(CET/CEST)	Bid		Order Depth	Ask		Trade History	High	Low	Price	Last Qty	When	VWAP	Turnover
		Qty	Price		Price	Qty								
QH-96	23:45 - 00:00				8.60	20.0		27.10	9.00	9.00	3.9	5 mins ago		
PH-01	00:00 - 01:00	12.4	8.20		8.30	14.5		12.20	3.10	13.00	8.3	15 mins ago		
HH-01	00:00 - 00:30	20.0	5.70					13.10	4.20	13.10	6.3	Just now		
QH-01	00:00 - 00:15							14.20		14.20	8.1	2 hrs ago		
QH-02	00:15 - 00:30	14.5	7.80		7.90	8.8		18.10	5.30	18.10	4.3	1 hr ago		
HH-02	00:30 - 01:00							10.30	4.80	6.60	6.3	3 mins ago		
QH-03	00:30 - 00:45				9.70	34.7		15.50	7.00	7.00	1.2	Just now		
QH-04	00:45 - 01:00							15.60	3.00	13.40	9.3	10 mins ago		
PH-02	01:00 - 02:00	34.1	11.20					20.10	10.00	10.00	3.9	30 mins ago		
HH-03	01:00 - 01:30							15.50	3.50	15.50	2.9	30 mins ago		
QH-05	01:00 - 01:15	20.0	10.60		11.30	8.6		13.20	3.20	8.80	7.3	30 mins ago		
QH-06	01:15 - 01:30							17.50	2.90	17.50	4.9	30 mins ago		
HH-04	01:30 - 02:00							11.60	2.50	8.60	5.0	18 mins ago		
QH-07	01:30 - 01:45				8.60	20.0		15.30	4.00	13.00	8.3	9 mins ago		
QH-08	01:45 - 02:00	12.4	10.90		11.30	14.5		14.40	7.00	7.00	1.2	20 mins ago		
PH-03	02:00 - 03:00	20.0	10.70					13.10	3.20	13.10	6.3	Just now		
HH-05	02:00 - 02:30							15.50	5.10	15.50	2.9	3 mins ago		
QH-09	02:00 - 00:15	14.5	14.00		14.90	8.8		18.50	9.00	9.00	3.9	3 mins ago		
QH-10	02:15 - 02:30							19.10	10.00	10.00	3.9	5 mins ago		
HH-06	02:30 - 03:00				9.70	34.7								
QH-11	02:30 - 02:45													
QH-12	02:45 - 03:00	34.1	9.90		10.30	17.5		14.20	4.30	14.20	8.1	4 hrs ago		
PH-04	03:00 - 04:00													
HH-07	03:00 - 03:30	10.4	11.20		11.30	15.5								
QH-13	03:00 - 03:15							14.80	5.10	13.00	8.3	2 mins ago		
QH-14	03:15 - 03:30				8.60	20.0		13.20	7.00	7.00	1.2	16 mins ago		
HH-08	03:30 - 04:00	12.4	10.20		12.30	14.5								
QH-15	03:30 - 03:45	20.0	5.70											

(資料) Nord-Pool

# Nord-Pool、当日市場のゲートクローズ

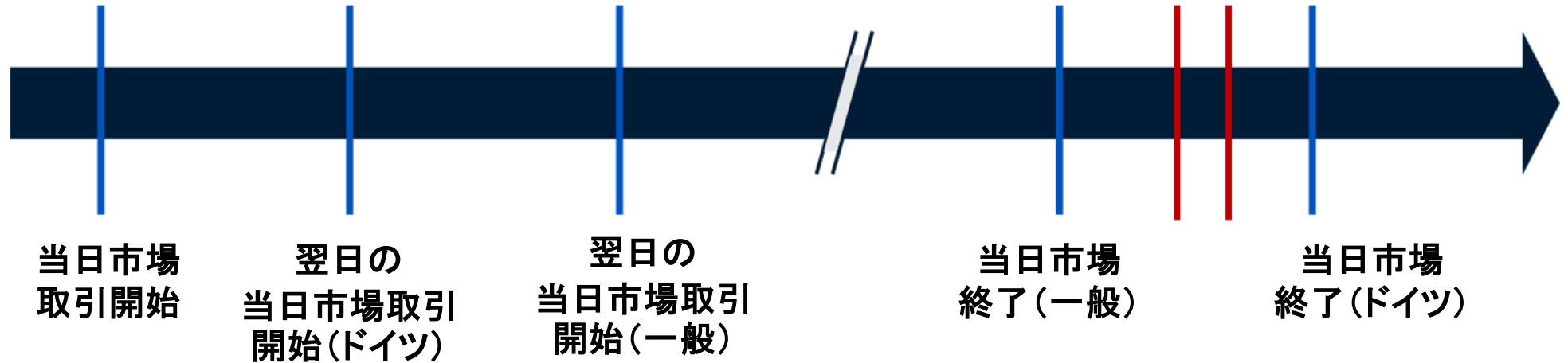
・実需給直前まで運営、TSO決定、・非標準化

欧州時間(CET) 8:00

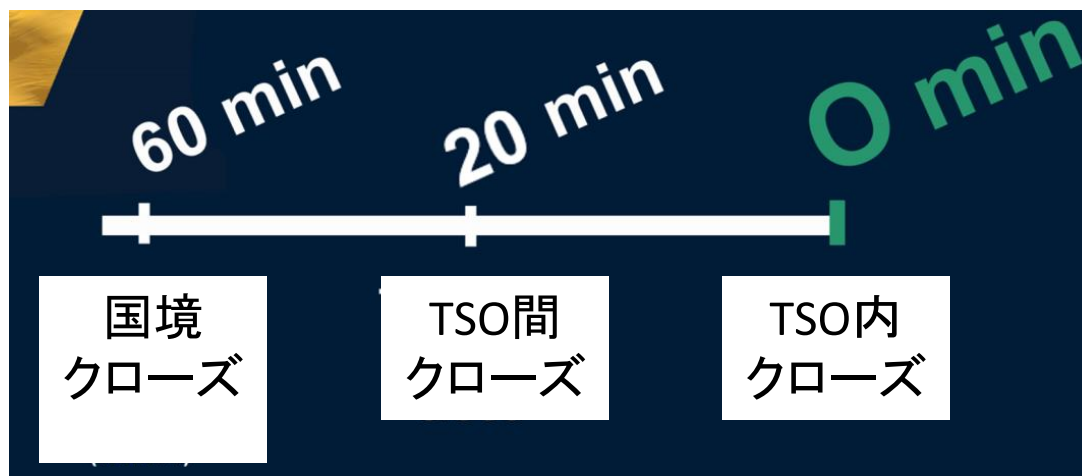
14:00

60分前 30\*/20分前

\*フィンランド、エストニア



ドイツの当日市場終了時間

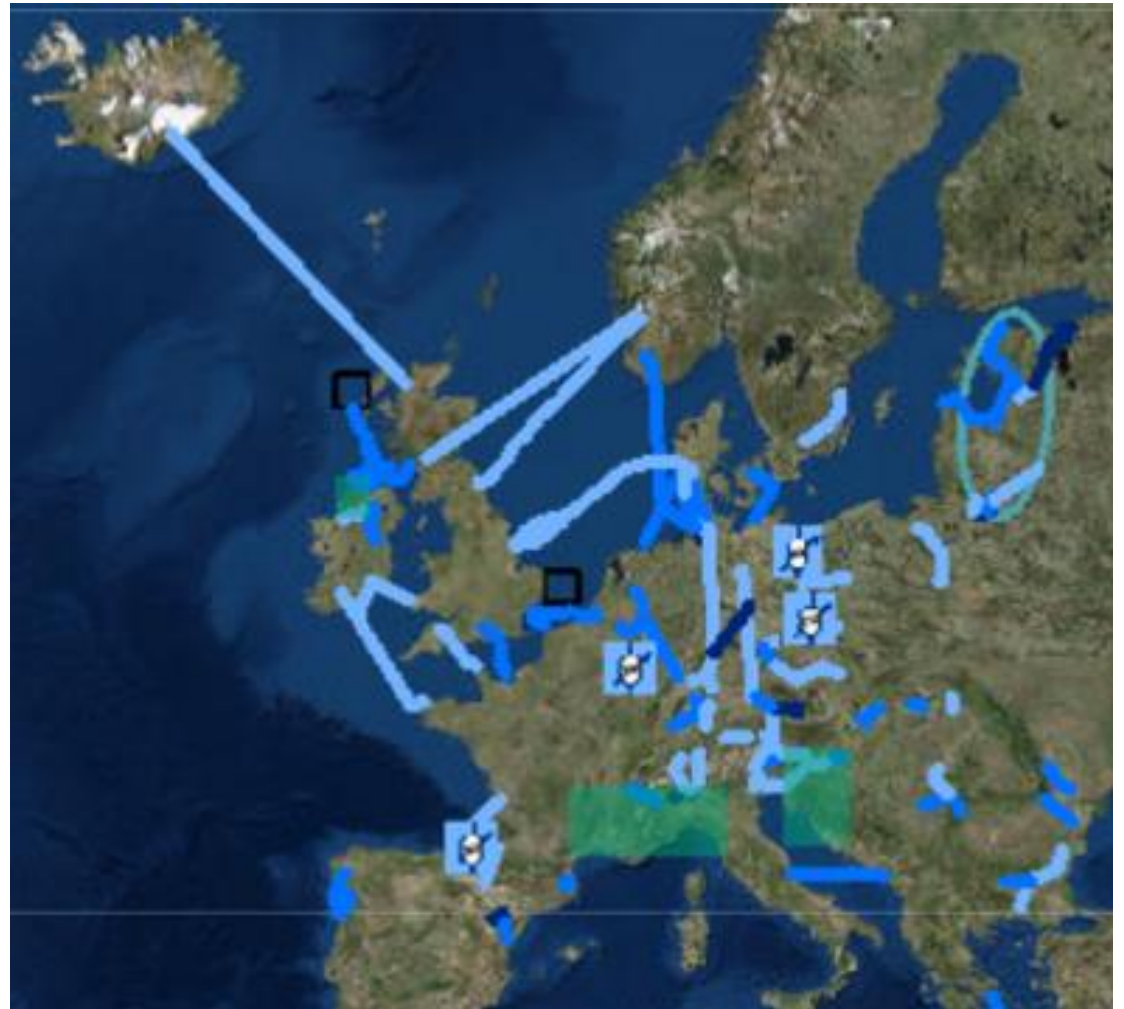


(資料) Nord-Poolを基に一部加工、和訳

# 5. EUの国際連系線計画

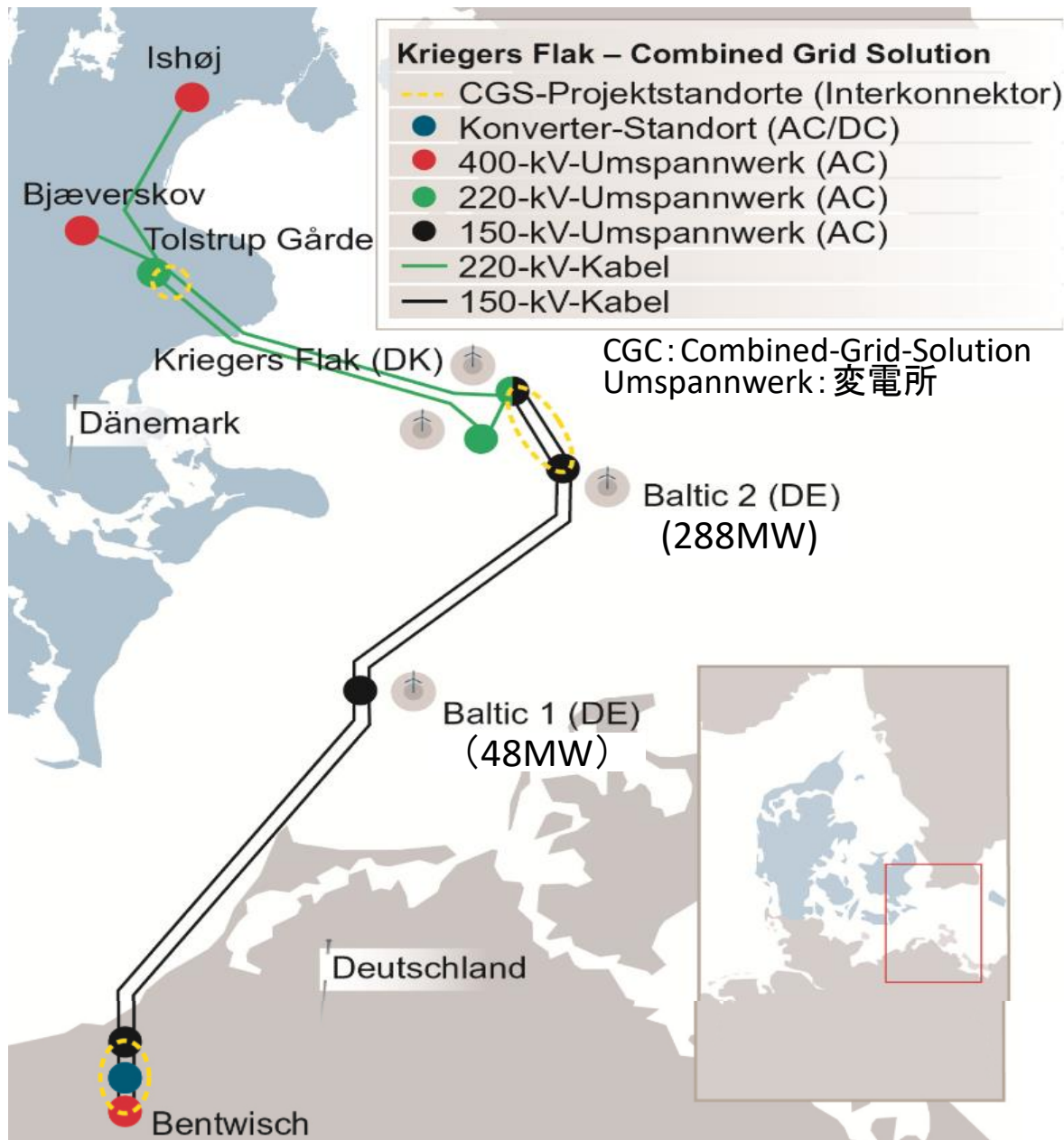
Project of Common Interest

- Bigger、 Better
- アイスランド-イギリス
- ノウウェ-ドイツ
- ノルウェー-イングランド  
(the Nord Link)
- スウェーデン-リトアニア



(出所)ノルドプールアカデミーに加筆

# Kriegers Flak (丁) 事業と国際連系線



## 事業概要

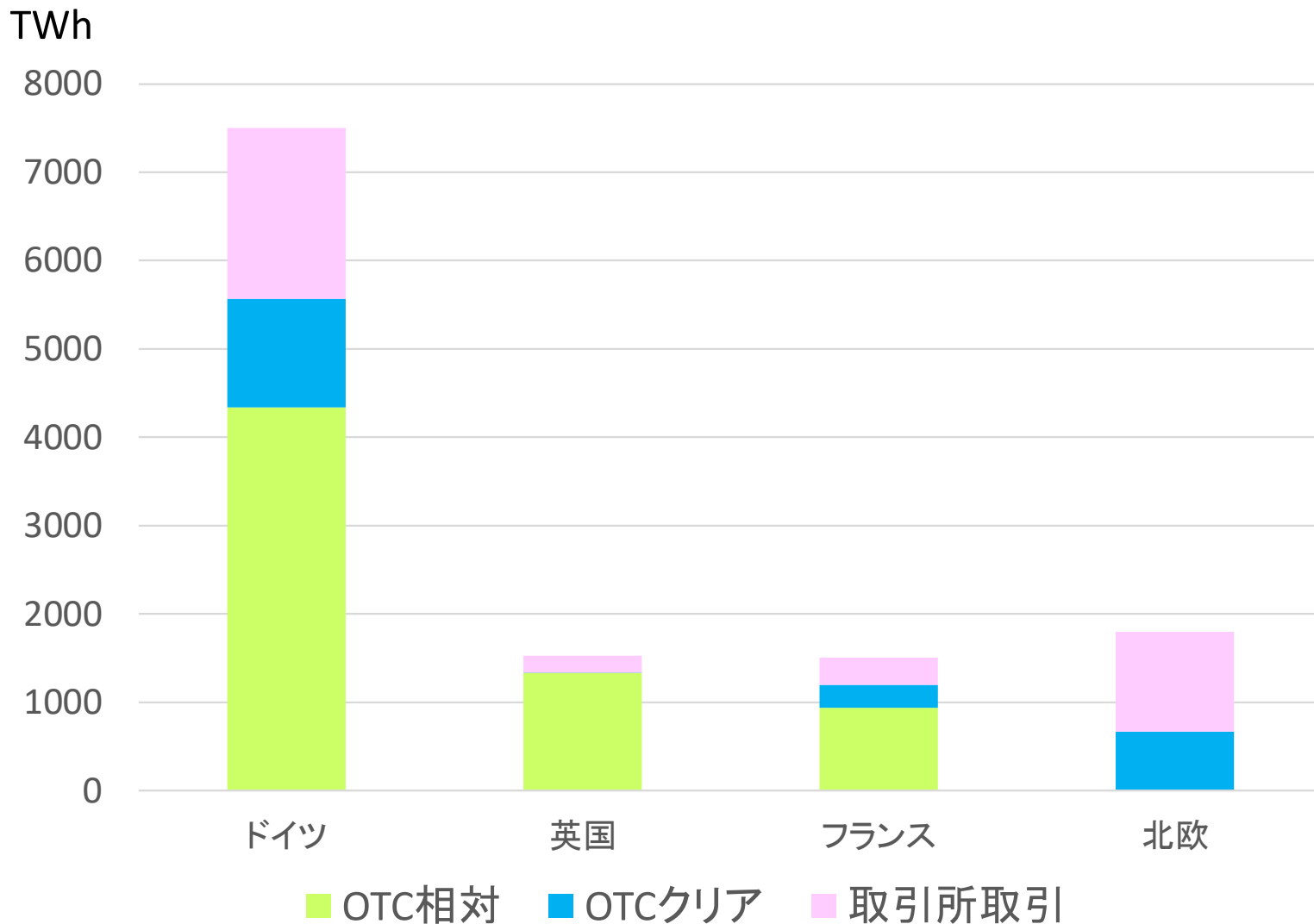
- ・総出力: 600MW
- ・位置: 沖合15km、水深16~25km
- ・事業者: バッテンフォール
- ・工期: ~2022年
- ・落札価格: €49.9/MWh (7G)
- ・入札結果発表: 2016/11



# 6. EEX & EPEX-spot



# 欧州各国でのOTCと取引所取引の年間取引量(2016年)



# EEX & EPEXの整理

- ドイツを中心とする欧州最大の電力・ガスおよび商品取引市場
  - \* 電力取引は15か国をカバー
- EPEX(SPOT)は前日、当日の電力取引市場
  - \* 2016年の取引量: 535TWh
  - \* 当日が近年急増
  - \* 最短15分間、最直近30分
- EEX-Derは先物(先渡)取引市場
  - \* 2016年は3920YWh
  - \* 独逸市場(Phelix)を主に急増
  - \* IDのCapとFloor
- ECC(European-Commodity-Clearing)を通じてクリアリングとセトルメント
- ドイツの電力取引の過半は相対(OTC)

# 欧州大陸のEEX先物取引所の資料 スポット、デリバティブ、OTCの説明

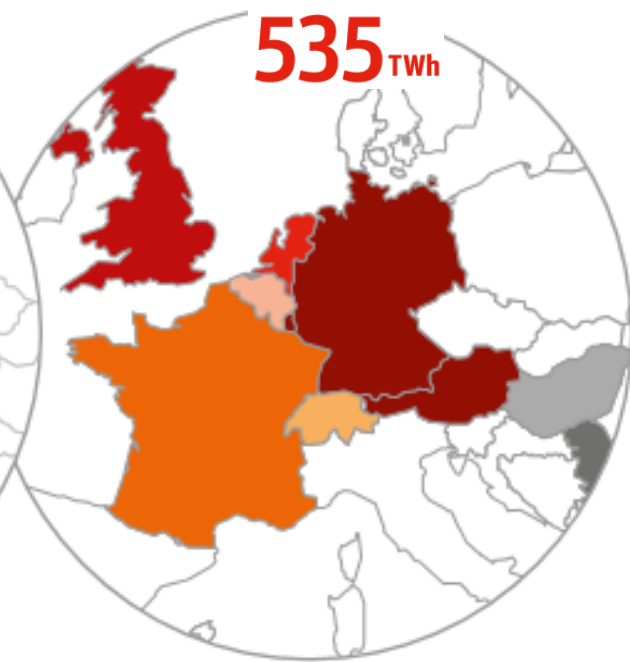
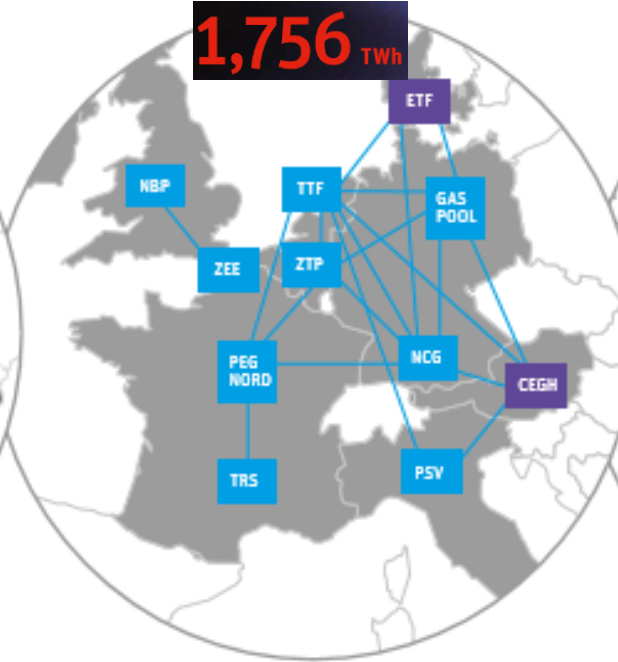


The Establishment of the Exchange  
Successful Overall Concept for EPEX and EEX

Spot Market	Derivatives Market	OTC Market
<b>Power EPEX Spot</b> Day-ahead auction (D/A, F, CH) Intraday (D, F)	<b>Power EEX Power Derivatives</b> Phelix Futures French/German Power Futures Phelix Options	<b>Power</b> Corresponding products
<b>Natural gas</b> Auction / Continuous trading (NCG, Gaspool, TTF) Day Ahead, 2 Days Ahead, Weekend, Within-Day	<b>Natural gas</b> Physical futures (NCG, Gaspool)	<b>Natural gas</b> Corresponding products
<b>CO<sub>2</sub> Emission allowances</b> EUA spot trading (allowances for the second commitment period 2008-2012) EUA Primary Auction Spot	<b>CO<sub>2</sub> Emissions allowances</b> EUA and CER Futures EUA Options EUA Primary Auction Derivatives	<b>CO<sub>2</sub> Emission rights</b> Corresponding products
	<b>Coal</b> Financial futures (ARA, RB)	<b>Coal</b> Corresponding products

Fully integrated clearing and cross-margining by ECC

# EEX Group organises markets for energy and commodity products



## Power Derivatives

- Exchange-traded EEX Power Futures
- EEX Trade Registration Services for Power Futures
- ECC clearing for further exchanges

## Natural Gas

- Location spreads
- Natural Gas hubs
- New Natural Gas hubs

## Power Spot

- Germany/Austria, Luxembourg
- France
- United Kingdom
- The Netherlands
- Belgium
- Switzerland
- Market Operations for Hungarian the Power Exchange HUPX
- Market operation services for South East European Power Exchange SEEPEX

## Emission Allowances

EUA Primary Market Auction for 25 EU member states, as well as Germany and Poland

## Freight

Dry Bulk Shipping Routes

## Oil

Fuel Oil Hubs: Singapore and Rotterdam

## Fertiliser

Fertiliser DAP and Urea contracts

## Coal

Delivery points: Amsterdam, Rotterdam, Antwerp, Richards Bay

## Metals

Iron Ore Tianjin European steel contracts

(出所)EEX資料を加工

# EEX Group products : Power

Covering

# 15

market areas in power spot and derivatives trading

## Power Spot

- Austrian Power Spot (IT|DA)
- Belgian Power Spot (IT|DA)
- Dutch Power Spot (IT|DA)
- French Power Spot (IT|DA)
- French capacity guarantees

- German Power Spot (IT|DA)
- Serbian Power Spot
- Swiss Power Spot (IT|DA)
- UK Power Spot (IT|DA)

EPEXSPOT

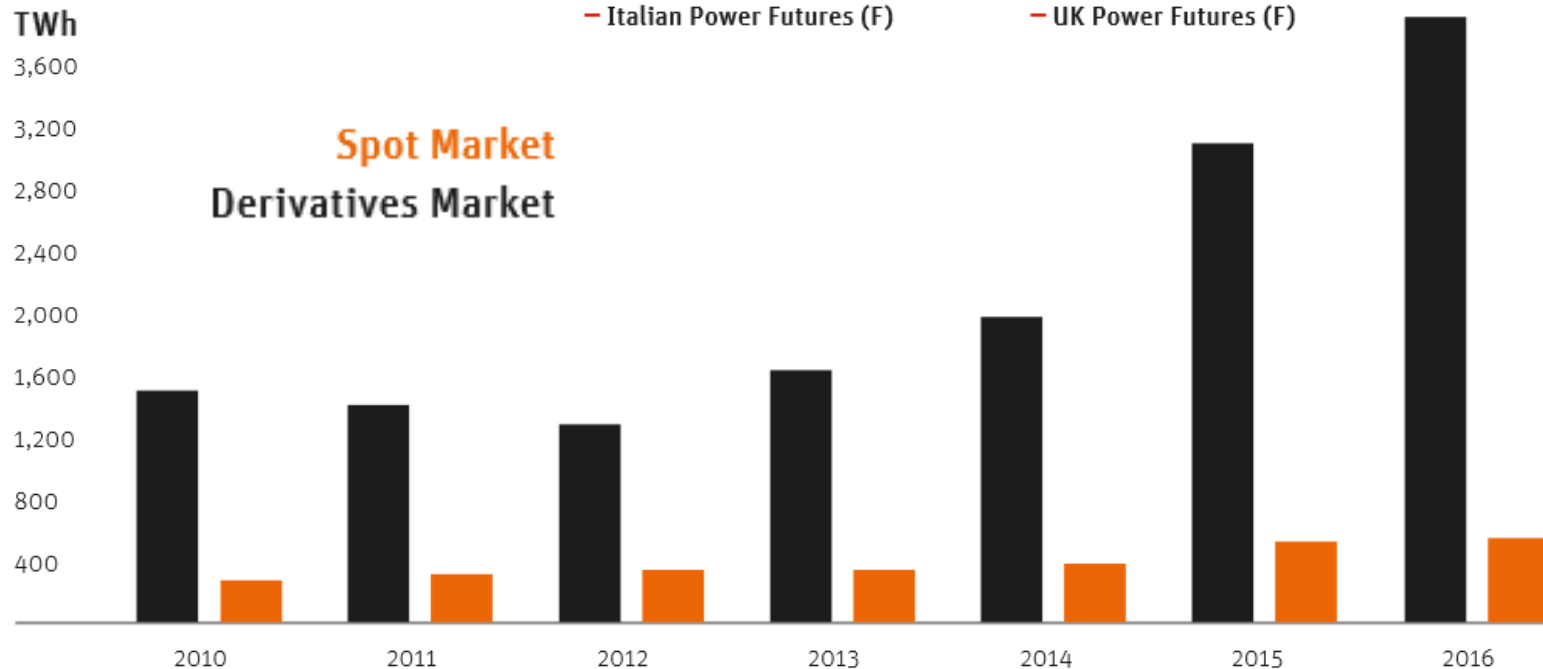
## Power Derivatives

- Belgian Power Futures (F|P)
- Czech Power Futures (F)
- Dutch Power Futures (F|P)
- French Power Futures (F|P)
- French Power Options
- German Intraday Cap Futures (F)
- German/Austrian Wind Power Futures
- Greek Power Futures (F)
- Hungarian Power Futures (F|P)
- Italian Power Futures (F)

- Italian Power Options
- Nordic Power Futures (F)
- Phelix Power Futures (F)
- Phelix Power Options
- Polish Power Futures (F)
- Romanian Power Futures (F)
- Slovak Power Futures (F|P)
- Spanish Power Futures (F)
- Spanish Power Options
- Swiss Power Futures (F|P)
- UK Power Futures (F)

eex

POWER EXCHANGE  
CENTRAL EUROPE



(出所)EEX資料を加工

# 電力市場取引(所)の特徴と4つの効果(再掲)

## ○取引所の特徴

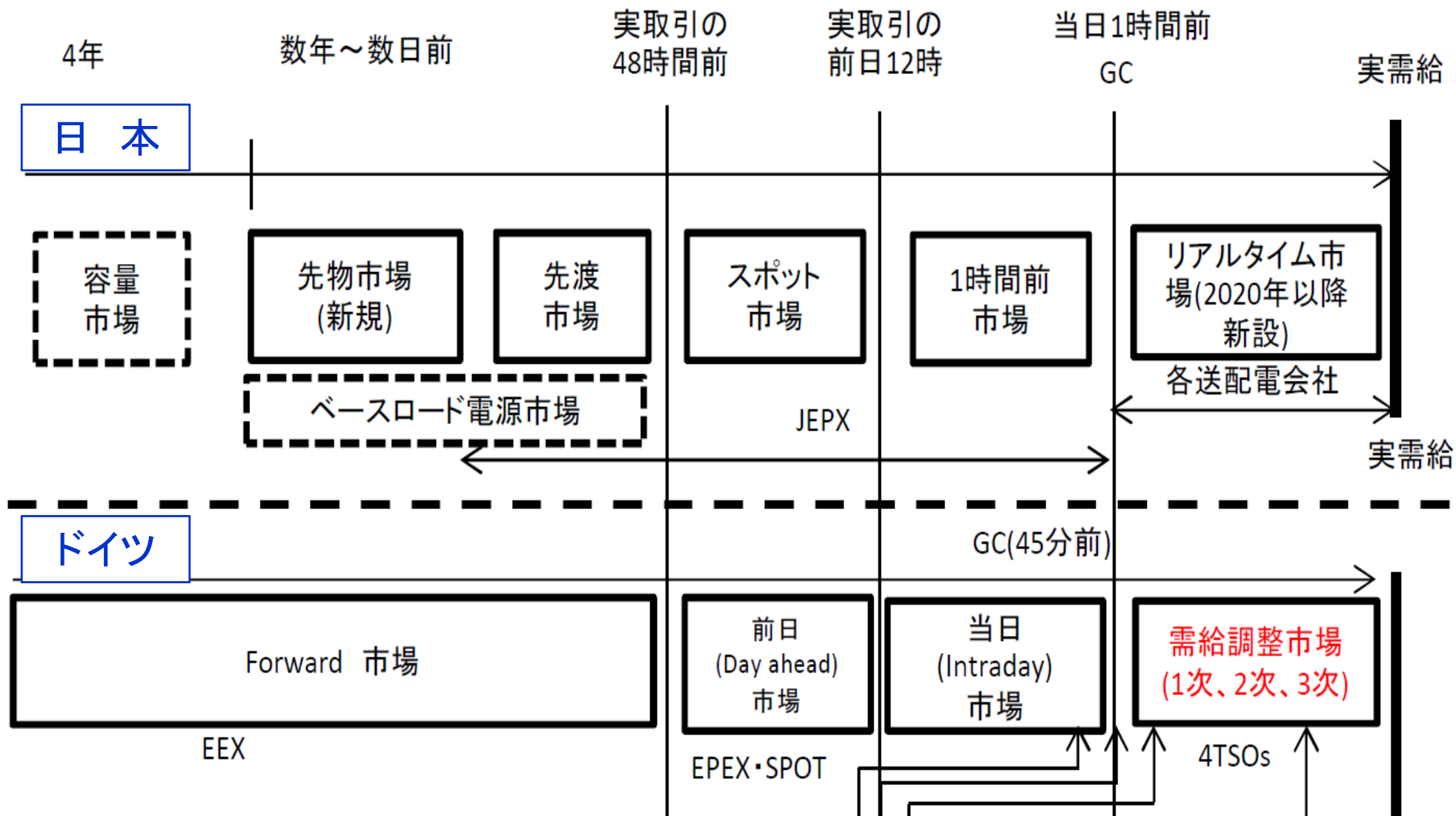
- ・透明、非差別、競争(新規参入者含む)、価格指標
- ・取引の安定・安心: 清算(クリアリング)、決済(セトルメント)
- ・コンプライアンス
- ・イノベーション(←協調と競争)

## ○4つの効果

- ・卸価格低下 : メリットオーダー効果
- ・設備・技術の評価 : 限界費用革命
- ・送配電利用権の配分 : 間接オークション
- ・柔軟性創出 : 短期化、直前化

⇒結果として再エネ、省エネ普及

# ドイツ、日本の電力市場比較



(出所) 長山浩章 京都大学教授