

ノルドプール、50ヘルツにみる 電力取引とその効果

第68回京大再エネ経済学講座研究会説明用

2017年7月11日

山家公雄

目次

1. ノルドプールの概要
2. ノルドプールの前日市場DA (Day-Ahead)
3. ノルドプールの当日市場ID (Intra-Day)
4. EUの国際連系線計画
5. EEX & EPEX-spot
6. 50Hertzと市場取引

1. 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
- ・モデルとスケジュール

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

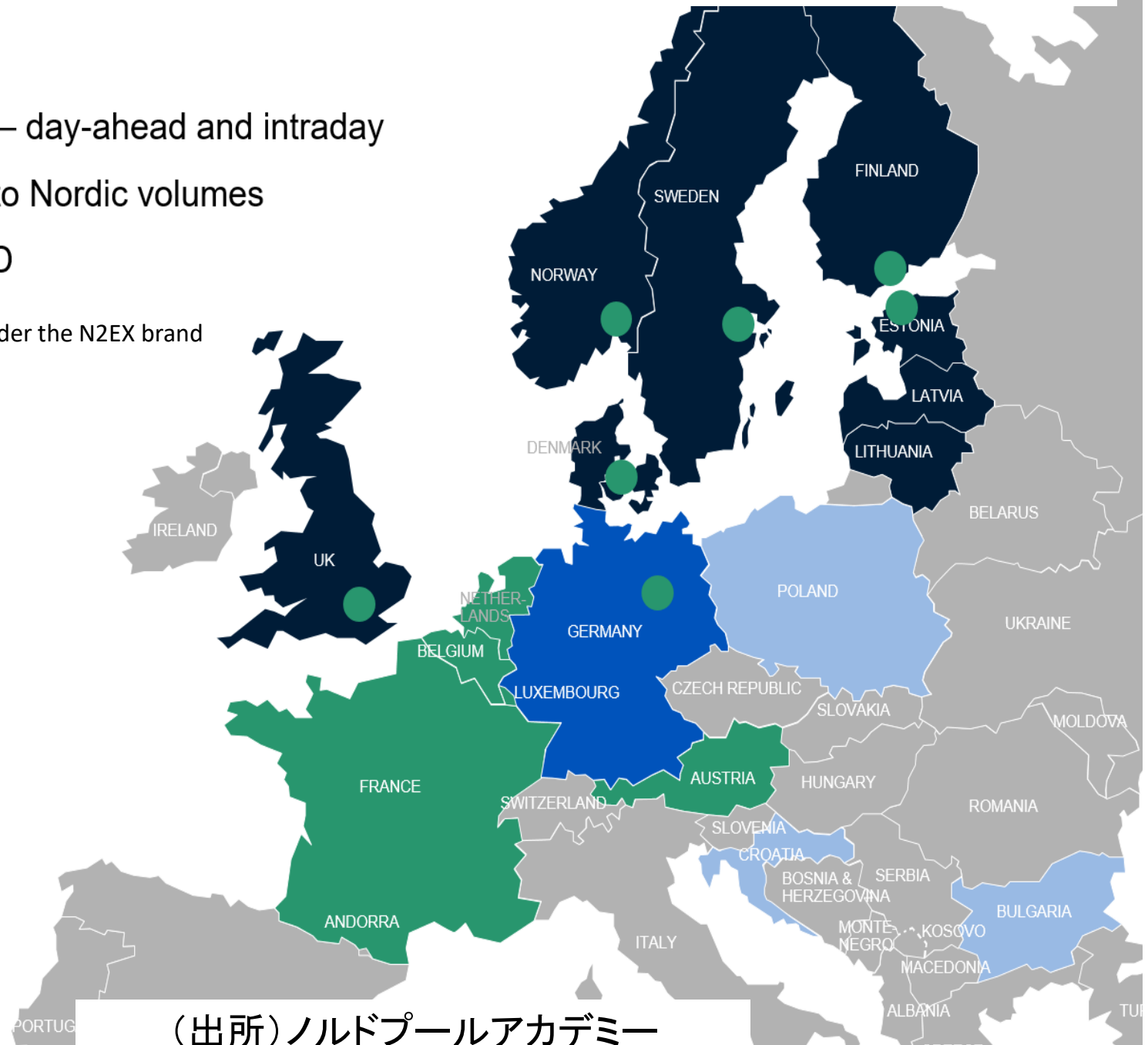


(出所)ノルドプールアカデミーを和訳

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



(出所)ノルドプールアカデミー

The Nordic is an integrated part of Europe



**NORD
POOL**

Norway:

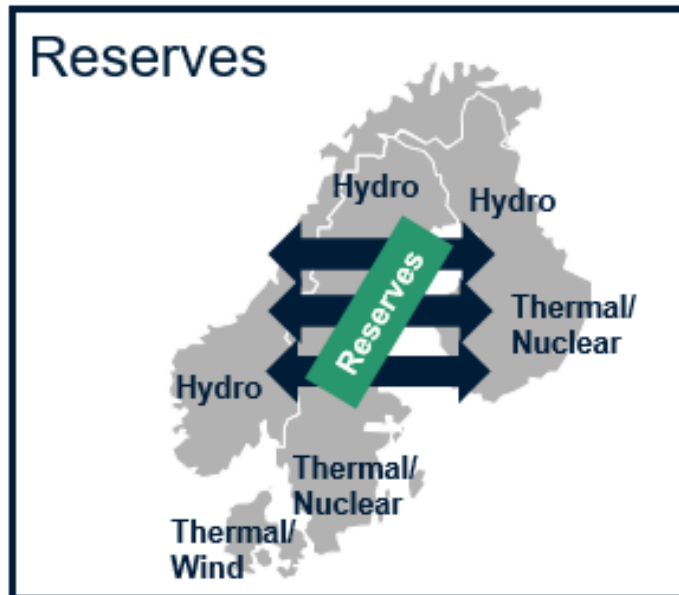
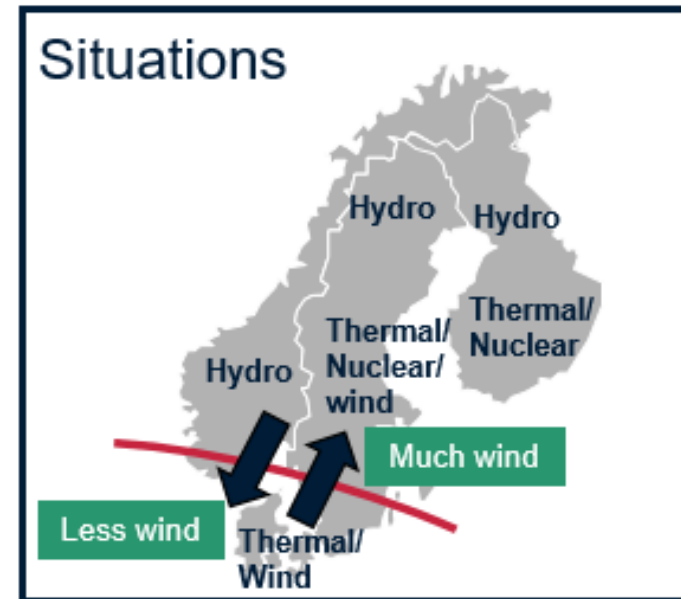
- Population: 5,5 mill
- Peak load: 24 000MW
- Installed capacity: 30 000MW
- Annual Consumption: 119 TWh
- Normal production: 125 TWh
- Variation: 60 TWh
- Hydro production: 99%

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%

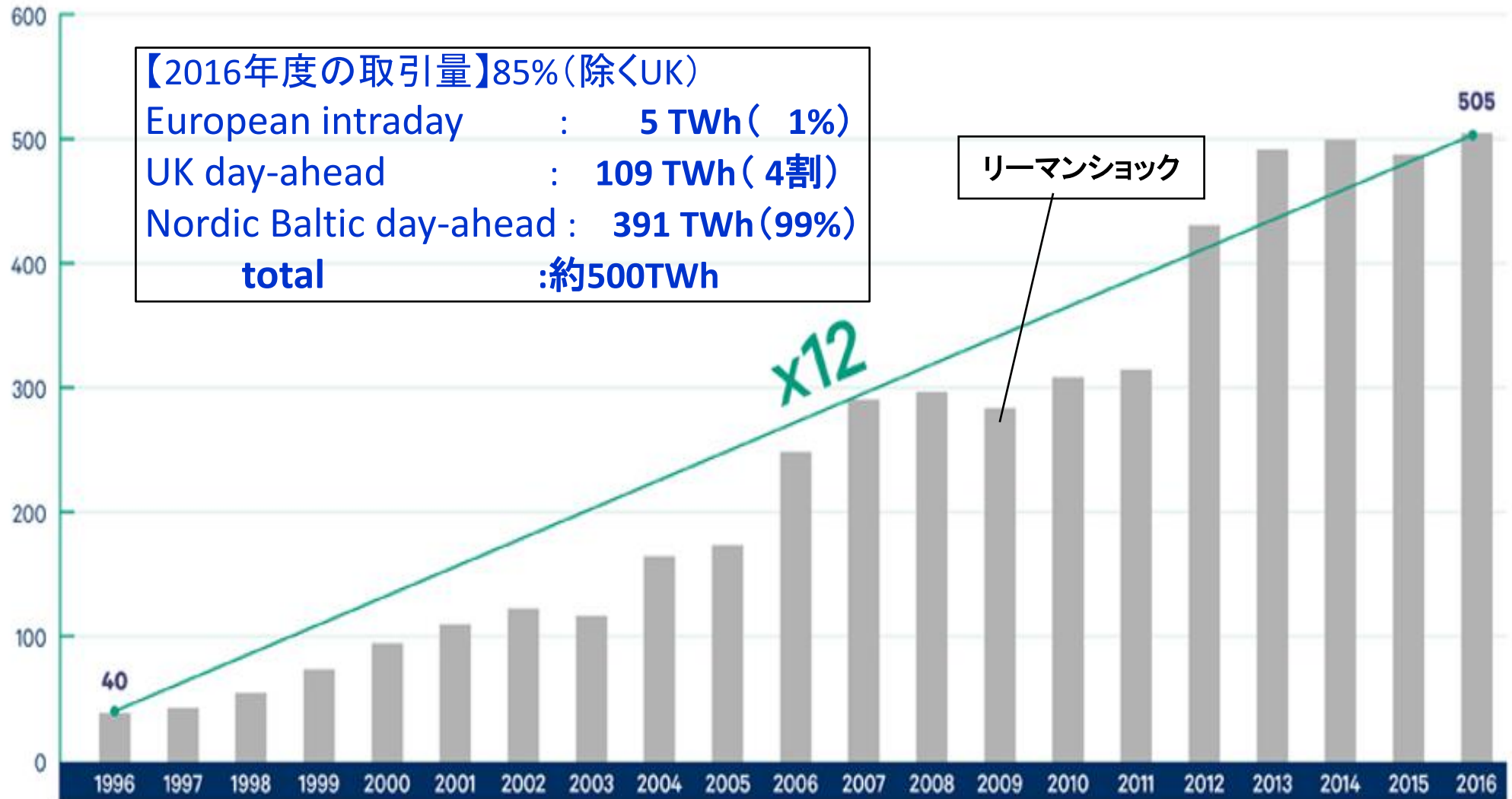
Bigger market is a better market



- ➡ Security of supply
- ➡ Complementary production
- ➡ Cost synergies
- ➡ Climate challenge

ノルドプール取引量の推移と現状

単位：TWh



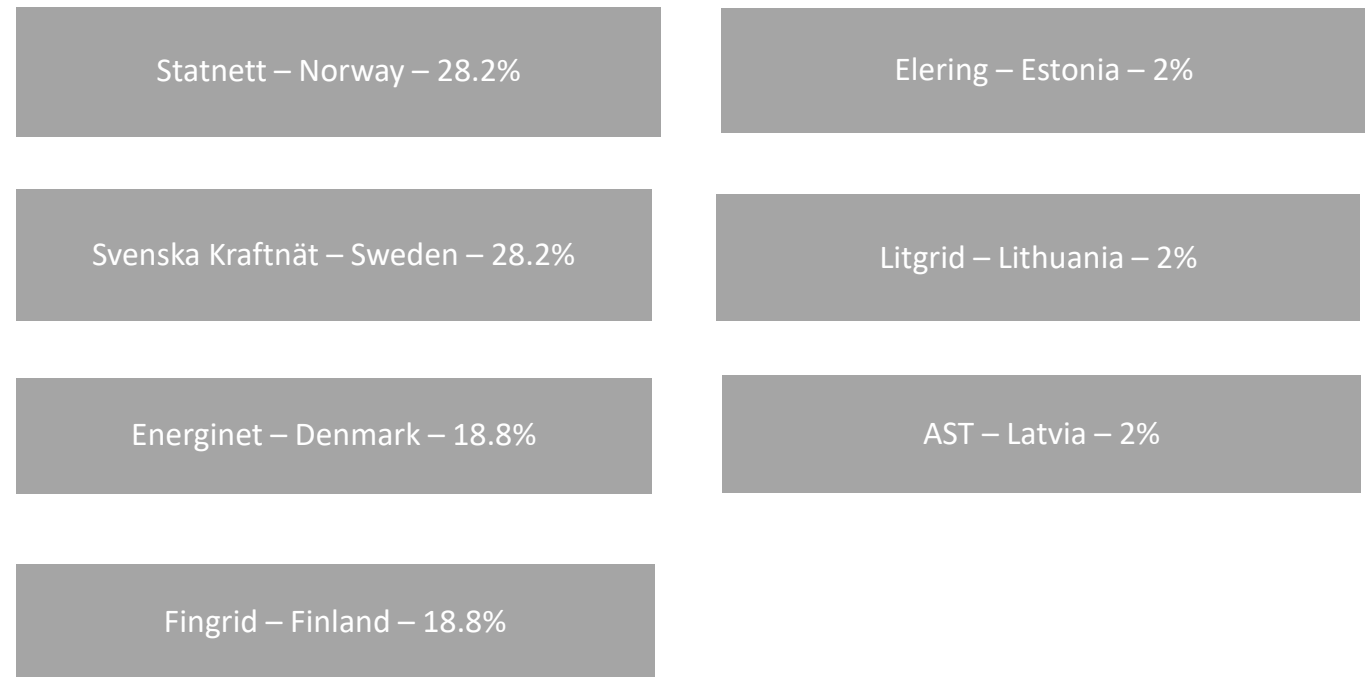
(出所)ノルドプールアカデミー資料に加筆

Introduction of
Gross Bidding

Statkraft sign
Gross Bidding

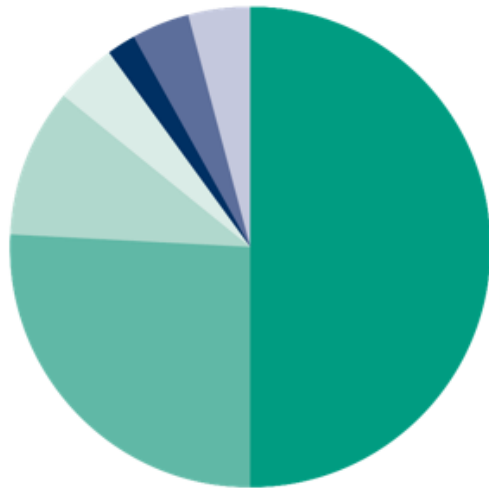
Stakeholders

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



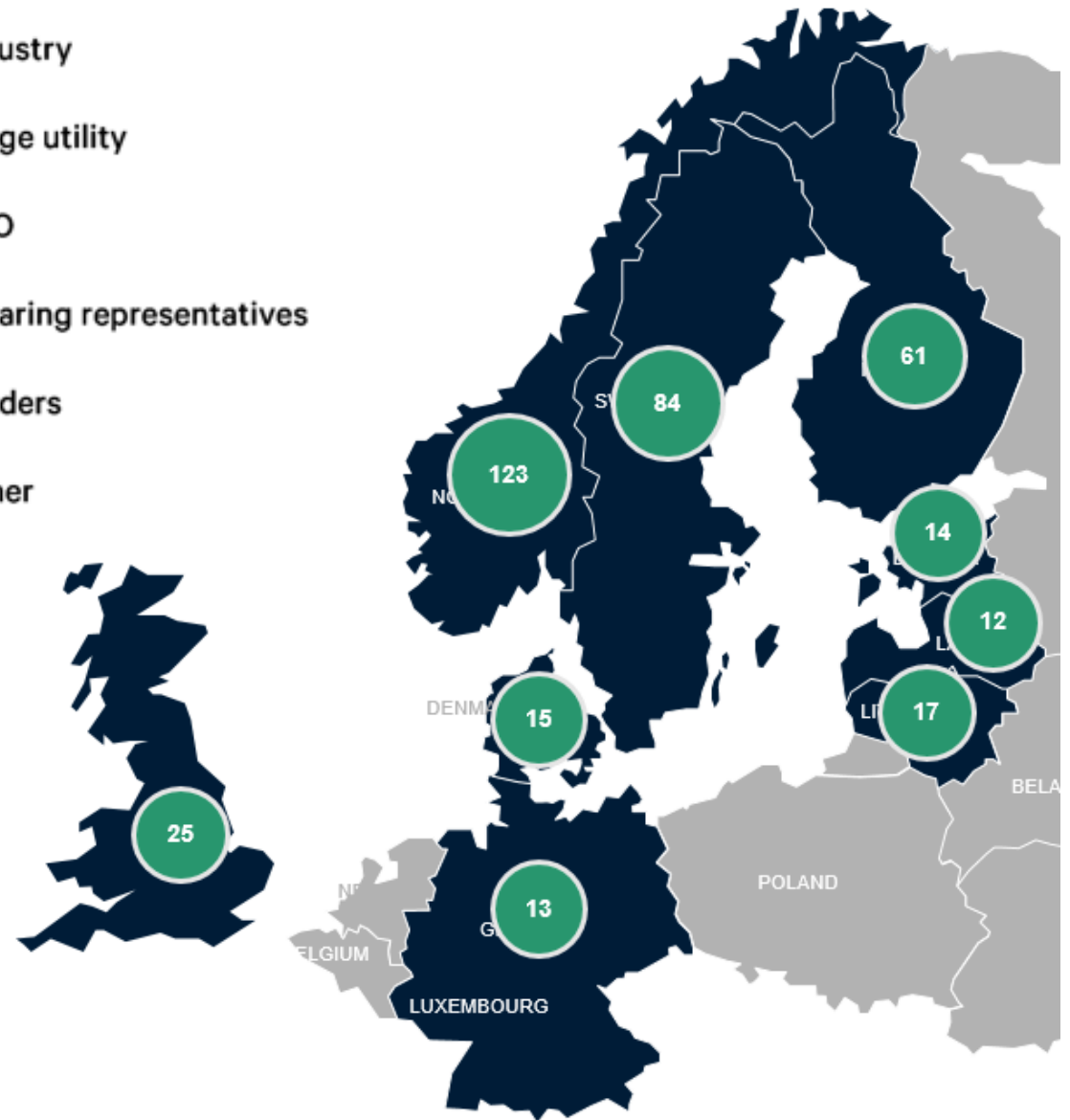
ノルドプール会員メンバー(2016/6末)

 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.



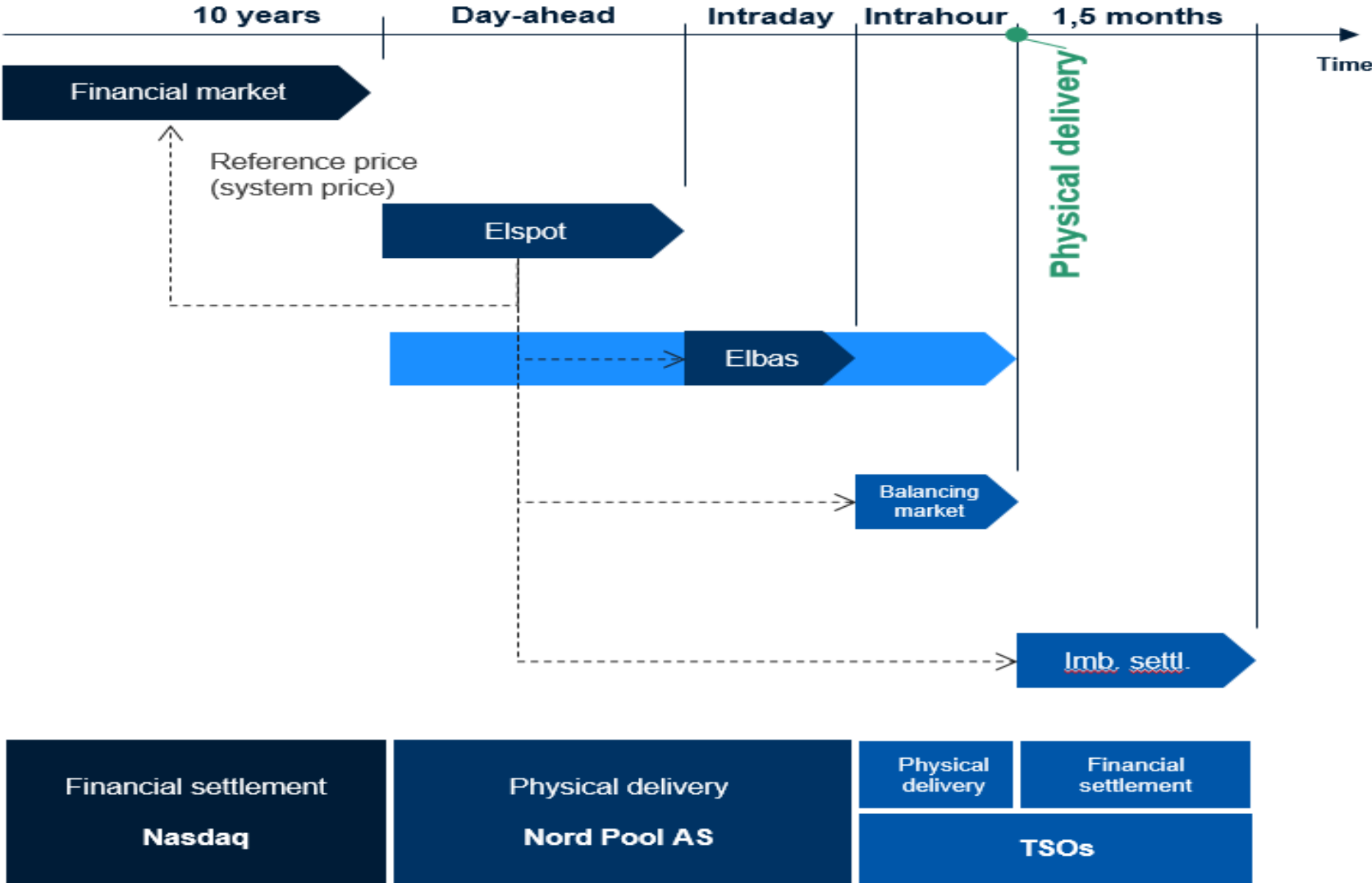
(出所)ノルドプールアカデミー

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

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**

T
N

DAY-AHEAD
MARKET

08:00-12:00
入札時間
(~2週間前)

Until 10:00
TSO情報より
ゾーン毎の送
電容量を確定

Until 12:00
入札者は
入札量を
計画
12:00
入札終了

12:00-13:00

入札と送電容量に
基づき、広域(ゾ
ンを超えた)価格
が、欧州共通アル
ゴリズムにて、同
時に決定(カップリ
ング)・公表

14:00-15:00
取引の
精算

12:42
市場価格
伝達

07:00 08:00 09:00 10:00 12:00 13:00 14:00 15:00

INTRADAY
MARKET

当日市場は、毎日24時間、(基本)1
時間前まで実施。速く、リアルタイムで、
連続なクロスボーダー取引が可能

24 hrs

翌日の当日市場
送電容量が公表

14:00
この範囲内で当
日間引き開始

取引の精算
14:00-15:00

2. ノルドプールの前日市場 DA (Day-Ahead)

- DAの概要: 入札、メリットオーダー
- 需給均衡要因: 需要、供給、キャパシティ
- キャパシティと間接オークション
- Bidding-Area、PX、カップリング → 欧州の9割カバー
- 価格: メリットオーダー、混雑(分断)、システム
- 商品・サービス
- モデルとスケジュール

The Day-Ahead Market (Elspot)

【前日取引市場DA】

- ・前日市場は365日オープン
- ・利用可能な送電容量(ATC)、需要、供給により価格とプライエリア間のフローが毎時間決まる。
- ・入札によりフィジカルな「エリア価格」、標準フィナンシャル契約のレファレンス価格としての「システム価格」が計算される。
- ・流動性が最重要: 多数の取引量により厚みがあり信頼できる価格指標が形成。

【所謂メリットオーダー】

- ・前日市場価格は、Euphemiaと称される最適化アルゴリズムを用いて計算。
- ・最適化は全ての社会厚生を最大化により達成。



(出所)ノルドプールアカデミーに和訳と加筆

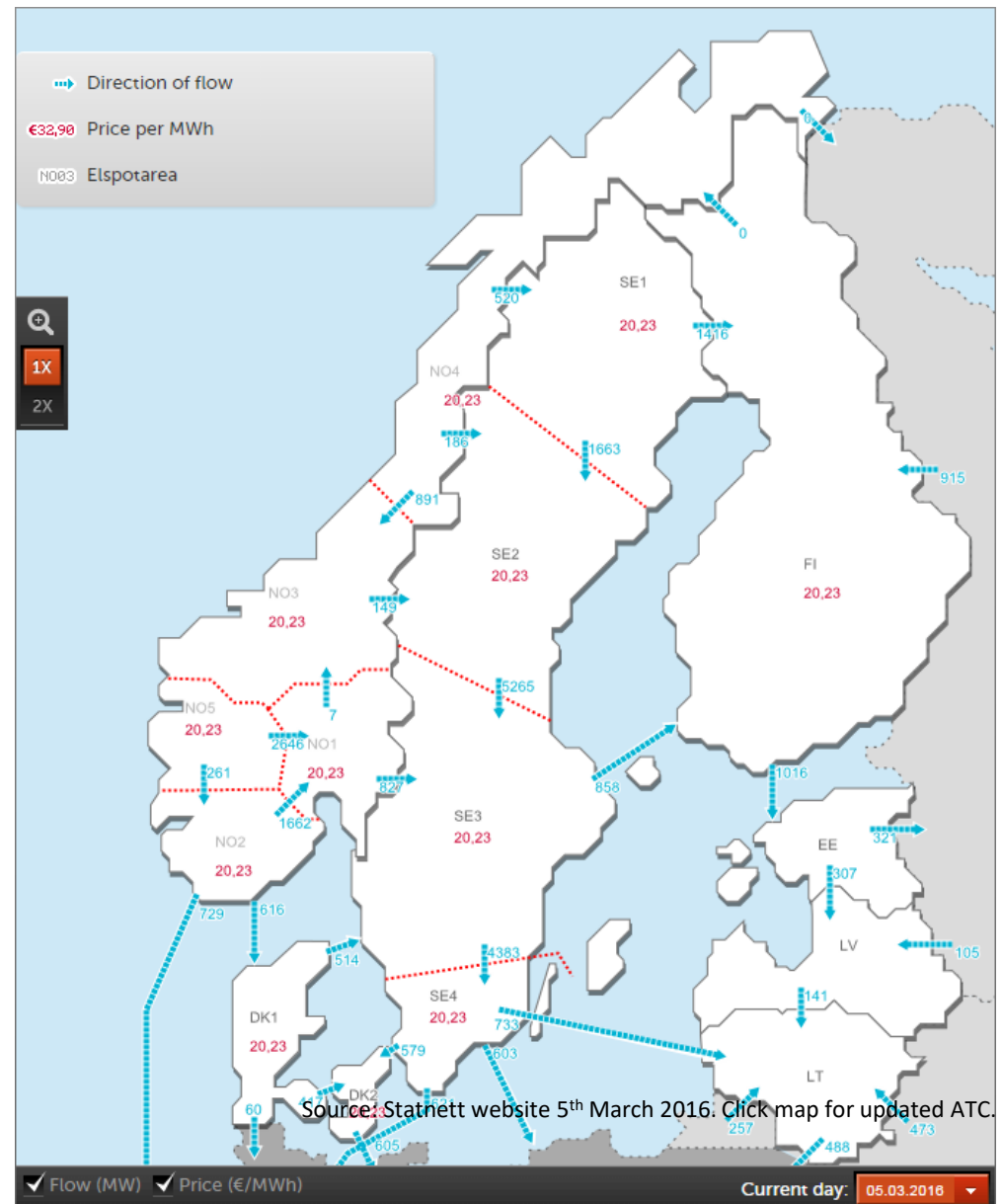
送電容量(キャパシティ)と間接オークション

【前日取引市場DA】

- ・毎朝、TSOは各Bidding Area取引可能容量(キャパシティ)を決める:
 - *キャパシティはノルドプールのwebに10:00に公表。
 - *Bidding Area間の全てのキャパシティは、間接オークションにて利用。

【市場カップリング、間接オークション】

- ・Market Couplingを通じた間接オークションにより、価格および売買量が同時に決まり、電力がBidding Area間を流れる。
 - *全てのキャパシティは、全ての市場参加者に同じ条件にて提供される。
 - *この連系に直接オークションはない。

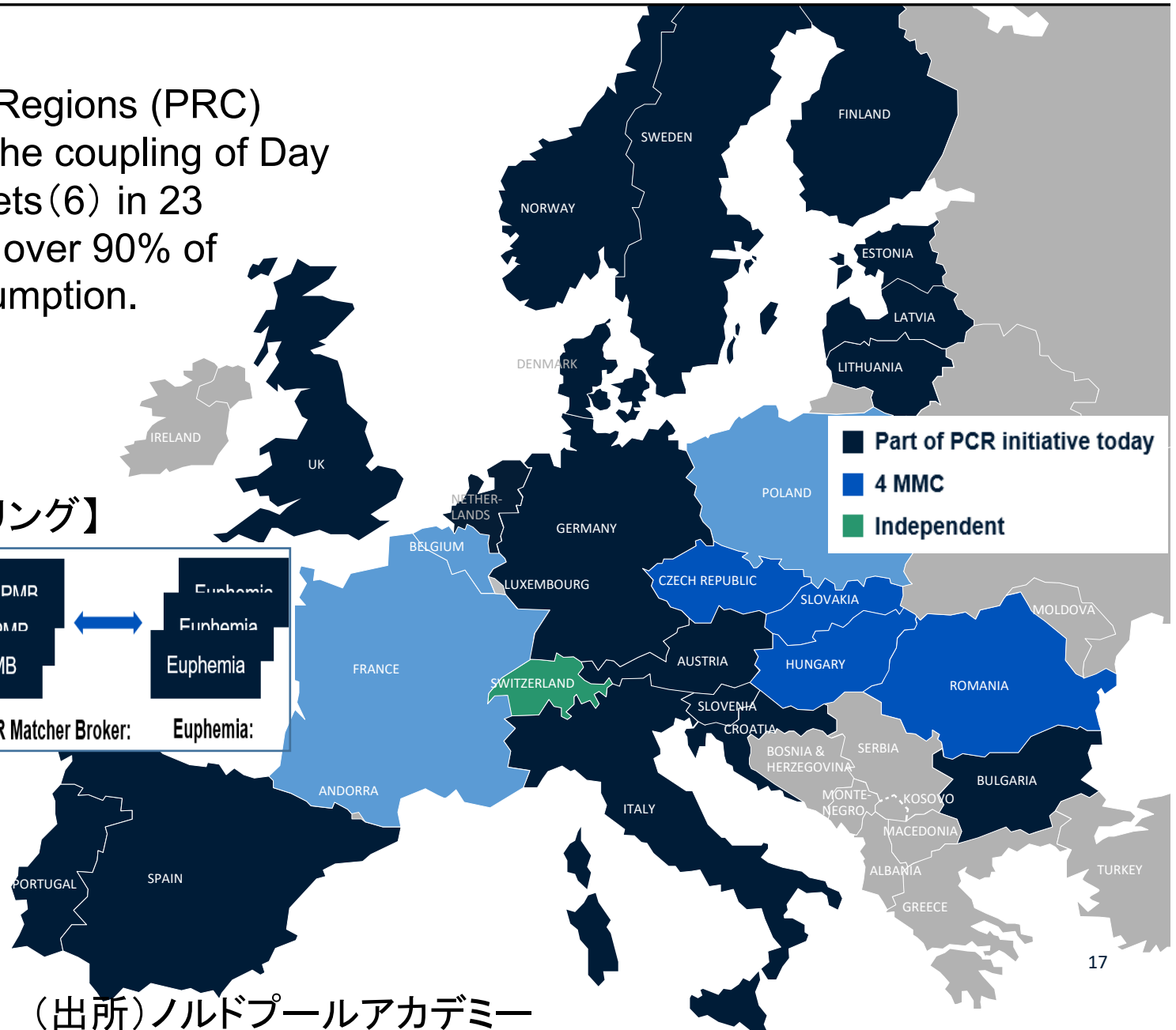
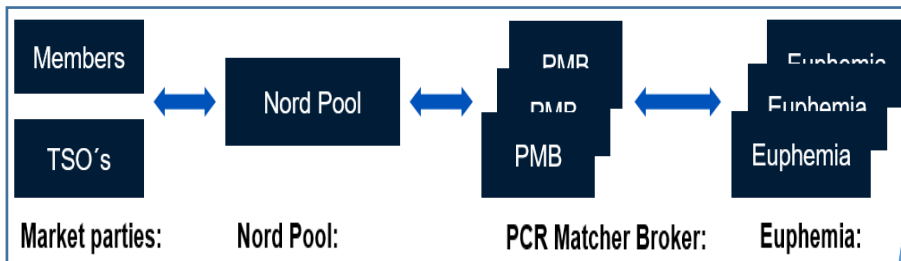


(出所)ノルドプールアカデミーに和訳と加筆

前日市場価格 (DA) は、欧州大で同時 (突然) 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】

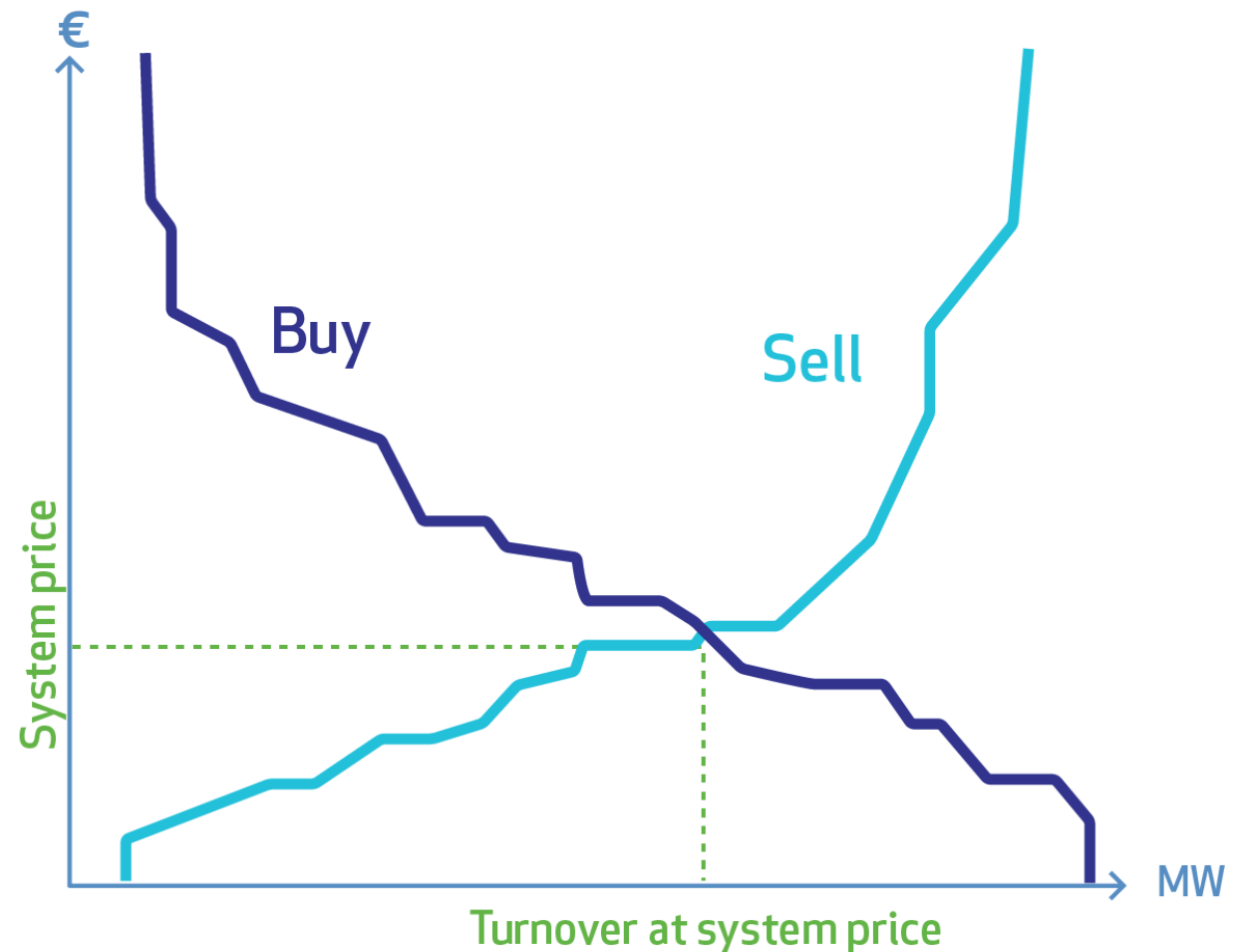


(出所) ノルドプールアカデミー

System price

【NPシステムプライスの計算】

- ・PCR計算後、NPは自身のシステムプライスを計算
 - *NPエリア全体の供給曲線と需要曲線とアグリゲートした曲線の交点により決まる。
 - *ノルディック4か国は単一市場
 - *バルチック3か国とポーランドは各市場
- ・システムプライスはフィナンシャル契約の取引及びクリアリングのレファレンス価格。



3. ノルドプールの当日市場 ID (Intra-Day)

- IDの概要：ザラバ、株式取引と同じ、全ての相手方
- 目的：期近修正（インバランス解消）、再チャレンジ
- 再エネ普及に伴い市場拡大、再エネ普及の鍵
- 技術革新：時間短縮、ゲートクローズは現実に（超）接近
 balancing市場の代替（TSOとの役割分担）
- IDの欧州大化：クロスボーダー取引の広域化
- （国際）連系線整備の必要性：→緑のバッテリー

ノルドプールの当日市場①: 概要

- 最初の国境を超える当日市場 (ID: Intra-Day)
- 365日24時間でゲートクローズ直前まで売買可能 (TSO決定)
 - * 前日市場取引 (DAM) の調整
 - * DAM非落札案件の再挑戦
- 株式市場に類似 (ザラ場取引)
 - * What you see is what you get
 - * First come, first served
 - * Best priced orders first
- NPは全ての取引の相手方、トレーダーは地域 TSOにスケジュール提出



ノルドプールの当日市場②: 送電キャパシティ配分

- 前日市場の取引結果に基づき送電線容量 (キャパシティ) が決定
- 取引情報に基づきリアルタイムでアップデート
- 空いている限りボーダーを越え取引可能
- ボーダー越え取引は全て間接オークション
- NPは全ての取引の相手方、トレーダーは地域 TSOにスケジュール提出
- TSOへの混雑レントはない、連系線を通じて±になるから。



XBID : Cross Border Intraday

■ TSOs and PXs participating for developing and implementing the XBID Solution

■ PXs participating; TSO observer

■ PXs participating, adherence to joint project ongoing

- 共通のXBIDはEUの目標モデル
- 4つの取引市場、17のTSO
- 全面運営時期は2017/3Q
- 公平な取り扱い
- オーダーブックのシェア



(出所)ノルドプールアカデミーに和訳

Nord-Pool、当日市場のゲートクローズ

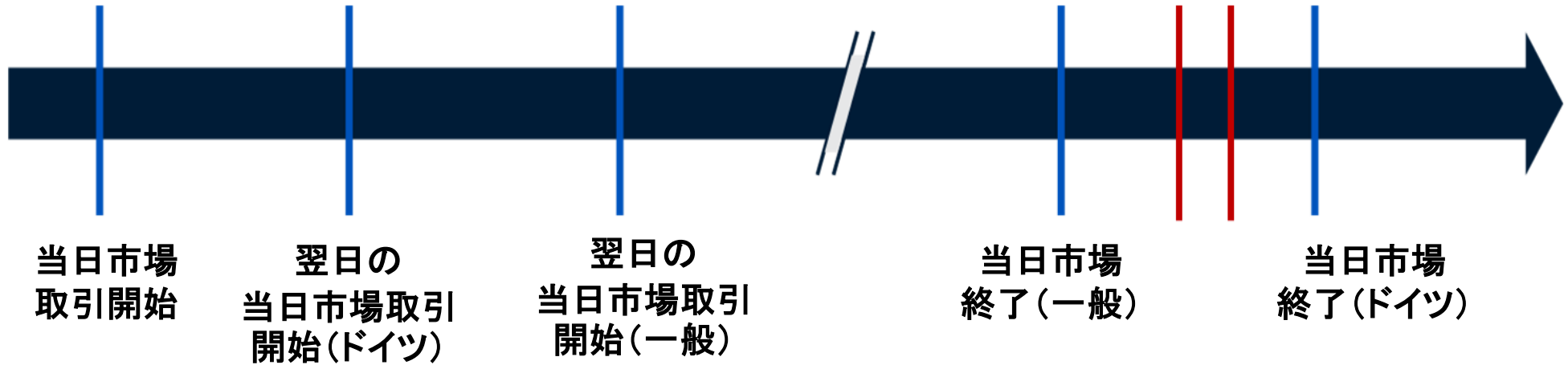
・実需直前まで運営、DSO決定、・非標準化

欧州時間 (CET) 8:00

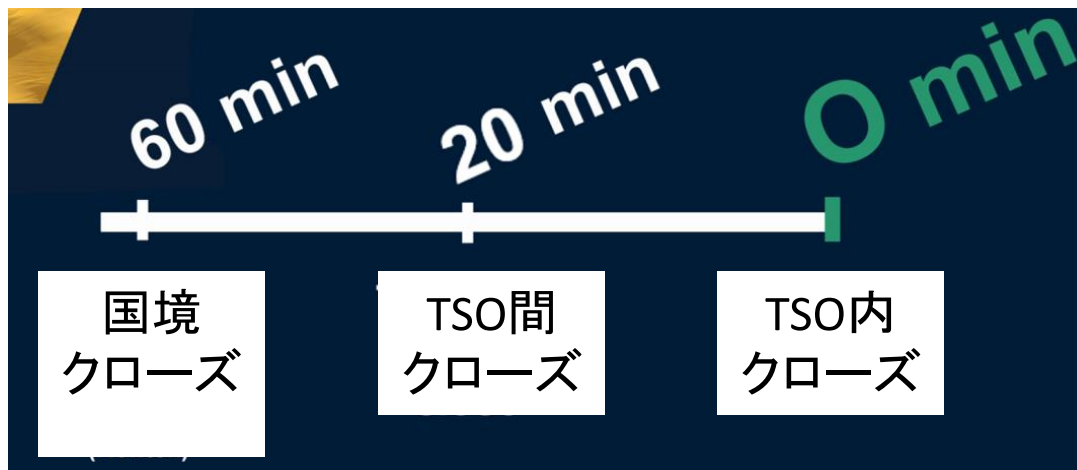
14:00

60分前 30*/20分前

*フィンランド、エストニア



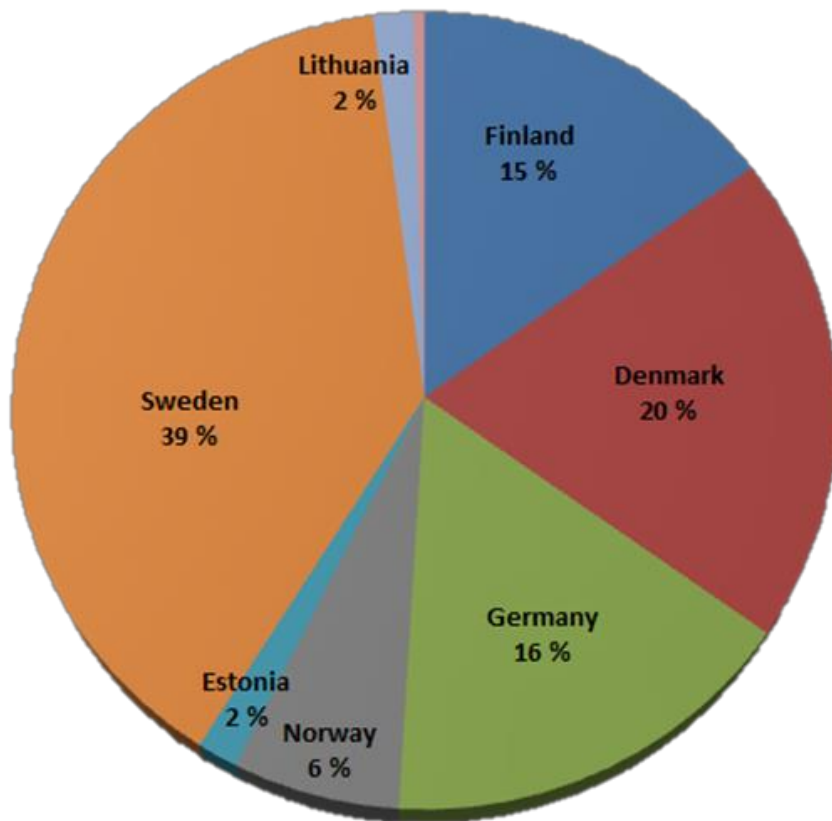
ドイツの当日市場終了時間



(資料) Nord-Poolを基に一部加工、和訳

Nord-Pool、当日市場の取引量(2015年)

- ・取引量: 5TWh、最大値更新
- ・3/4はボーダー越え
- ・1/3は実需から1時間内取引
- ・14か国、150メンバーが参加



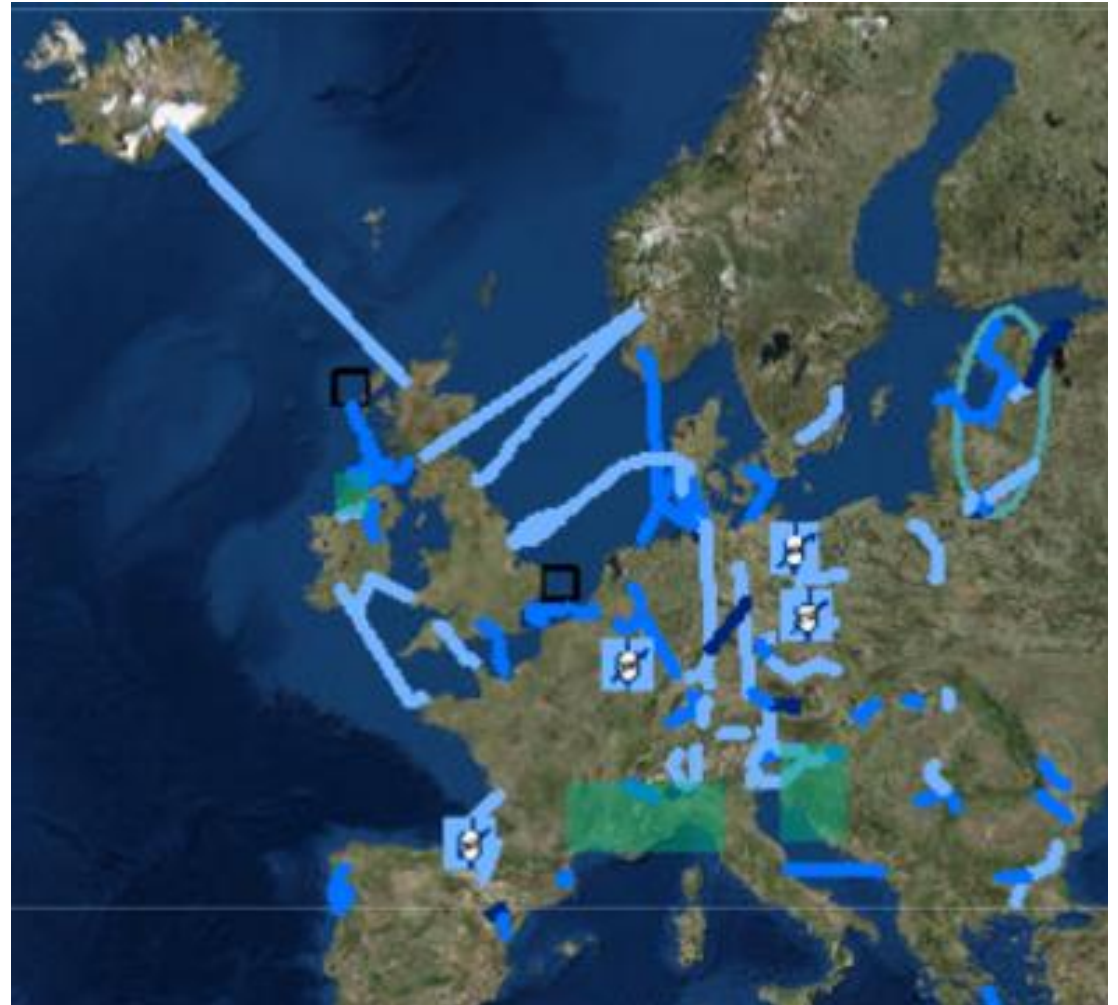
11:04:30 CEST Espen Døvlø

Capacities				Order Depth					
50HZ		SE2		Bid		Ask			
NO5	NO5	NO5	NO5	Where	Qty	Price	Price	Qty	Where
0,0	0,0	0,0	0,0	AMP	20,0	23,10	24,00	50,0	AMP
35,0	565,0	3 352,4	764,6	DK1	26,2	23,00	24,10	15,2	DK1
0,0	635,0	3 359,3	748,2	AMP	15,0	22,70	25,00	35,0	SE3
117,2	482,8	3 487,0	718,4	SE2	30,0	21,10	25,40	23,0	NO2
545,8	54,2	3 756,4	700,6	NO5	50,0	20,00	25,40	60,0	SE2
0,0	600,0	3 732,7	787,1	SE3	55,0	18,00	25,50	15,0	SE3
0,0	600,0	3 866,5	780,4	SE3	10,0	17,40	25,60	50,0	SE3
0,0	600,0	3 867,1	768,6	SE1	50,0	17,20	25,90	50,0	DK2
0,0	600,0	3 631,0	770,9	SE3	54,0	17,00	26,80	5,0	NO2
0,0	600,0	3 323,6	707,1	SE2	36,0	16,00	31,00	70,0	AMP
0,0	363,0	3 729,7	363,0				37,90	40,0	FI
0,0	0,0	2 979,0	413,0				38,00	10,0	FI
							38,70	3,0	LV
							39,00	30,0	FI
							40,00	5,0	NO2
							46,00	10,0	FI
							55,00	151,1	LT
							65,00	7,0	LT
							80,00	8,0	FI
							85,00	50,0	TTG

4. 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



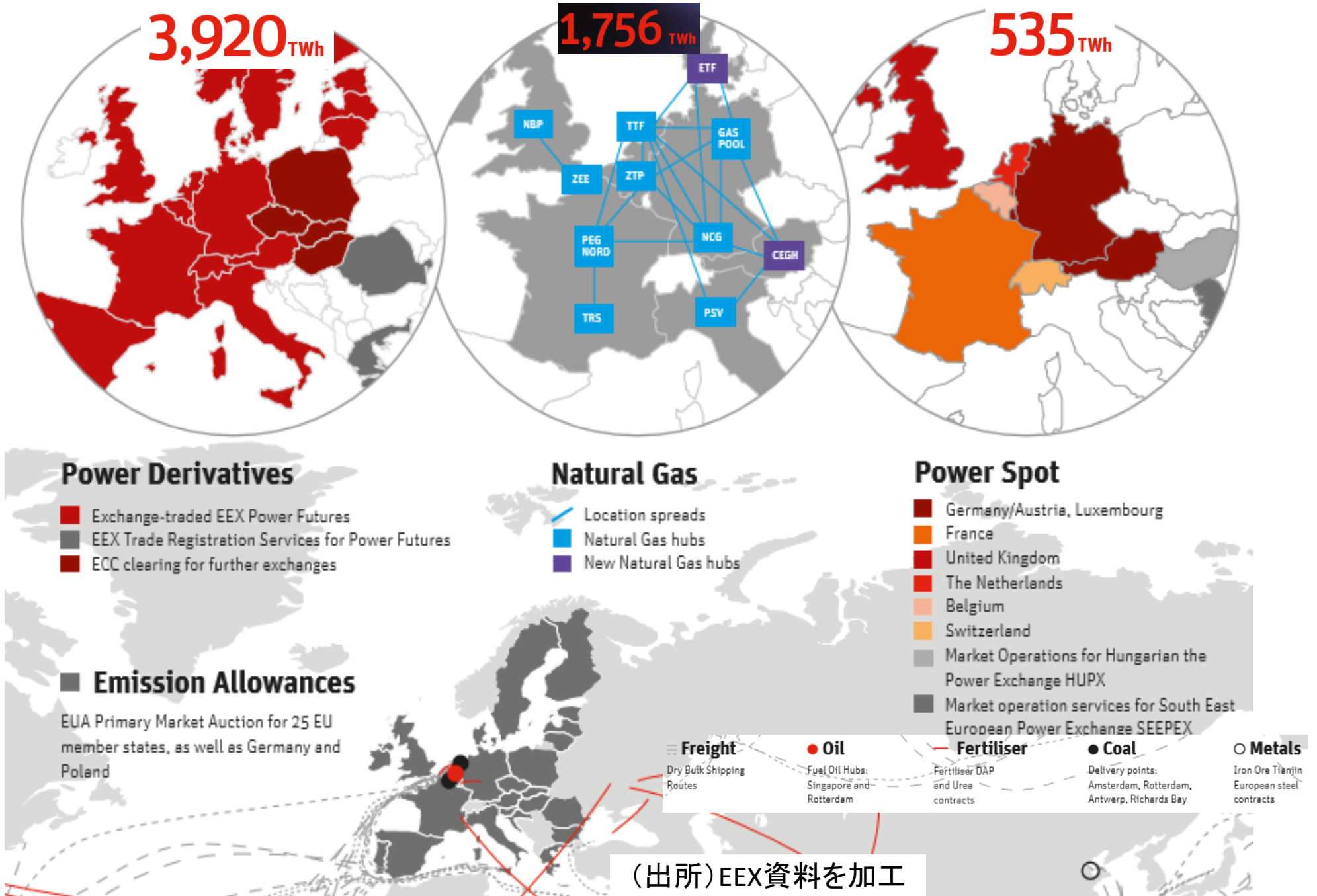
(出所)ノルドプールアカデミーに加筆

5. EEX & EPEX-spot

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
 - * 独墺市場(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)

EEX Group organises markets for energy and commodity products



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

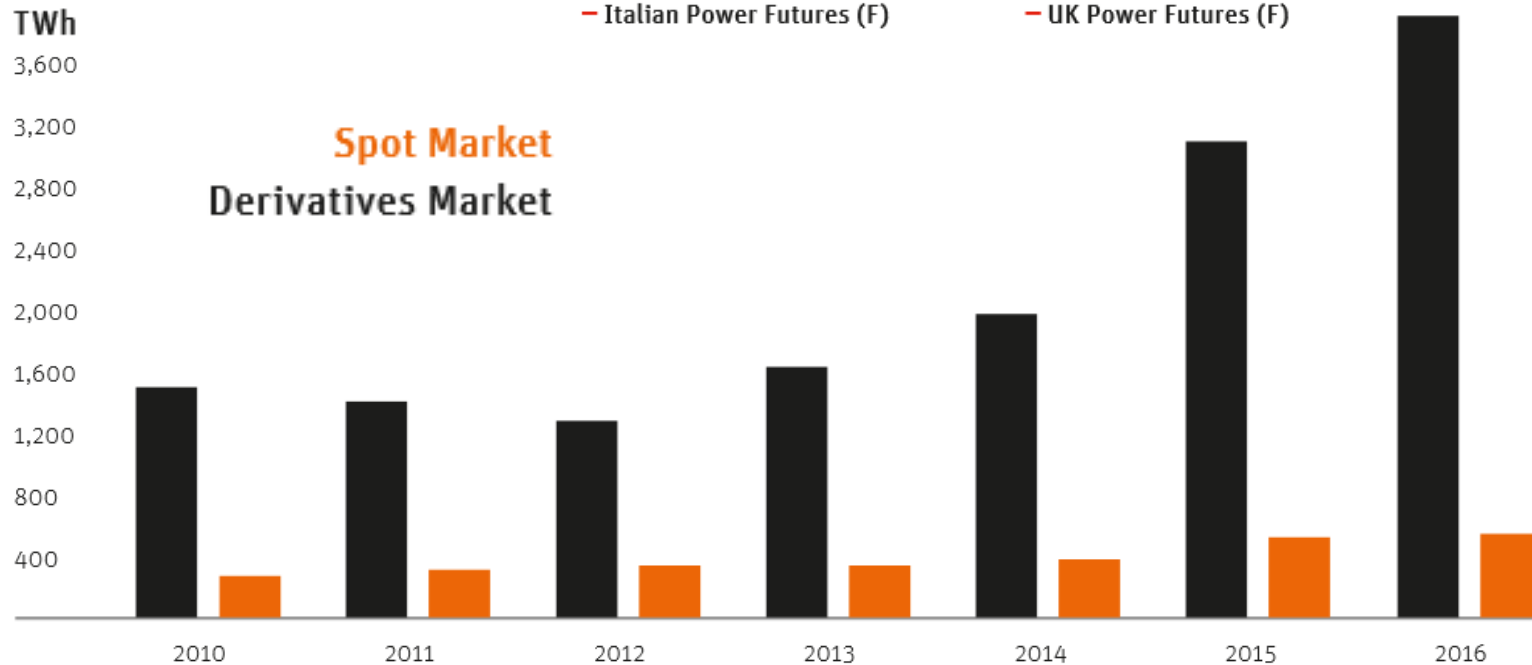
Power Derivatives

- 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

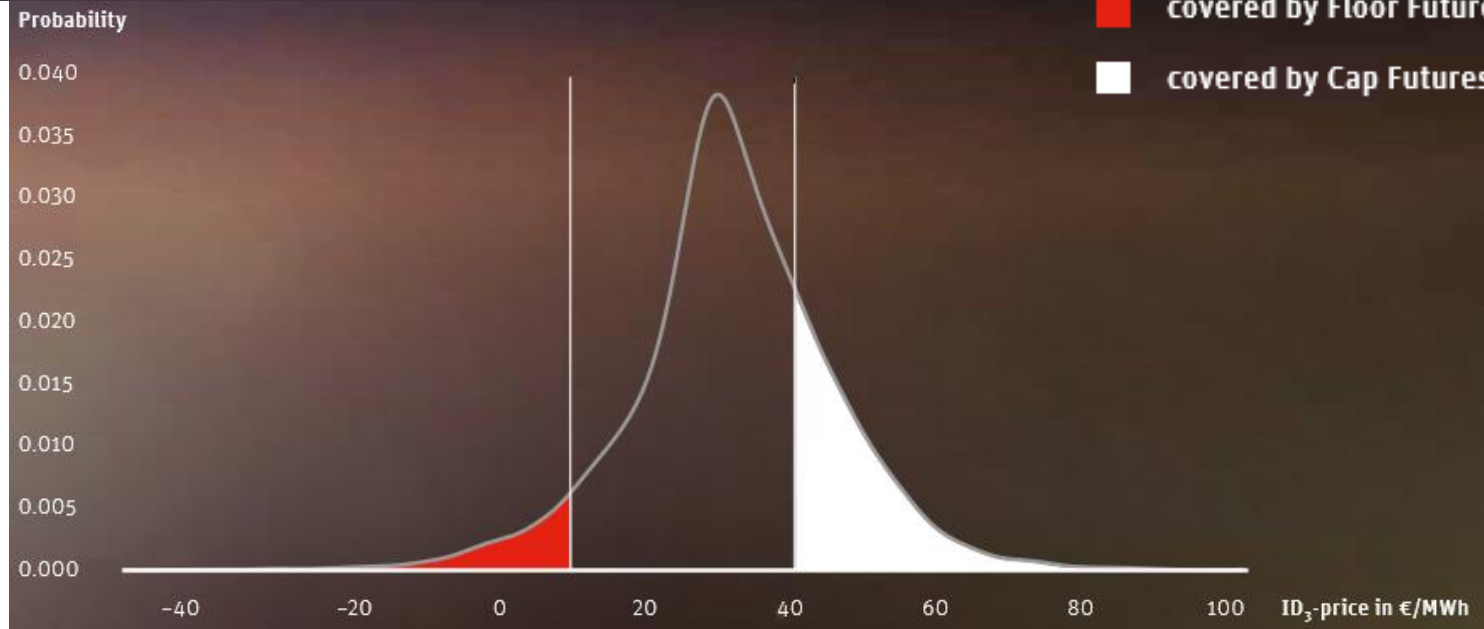
Power Exchange
CENTRAL EUROPE



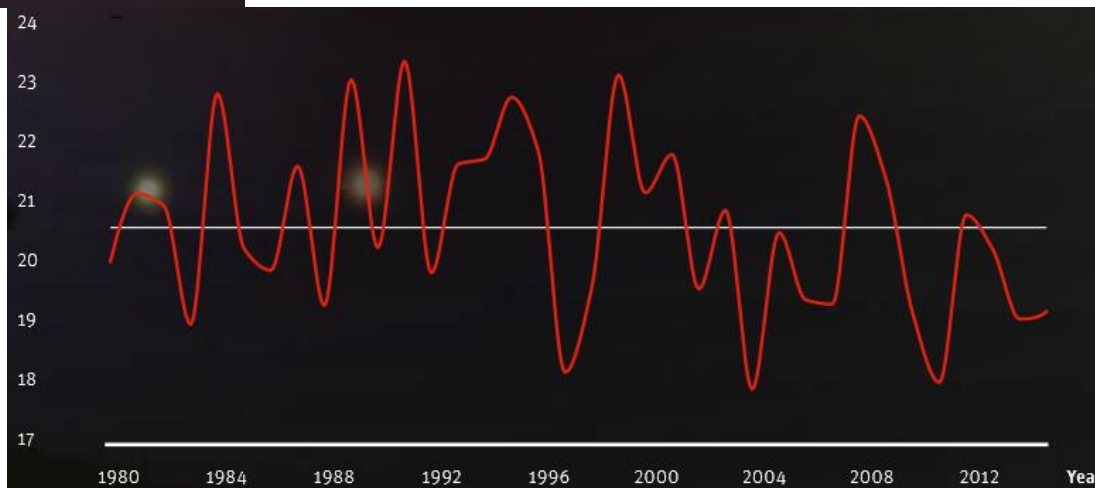
(出所) EEX資料を加工

Product innovations for the Energiewende

Managing intraday price risk in the high and low-price segment

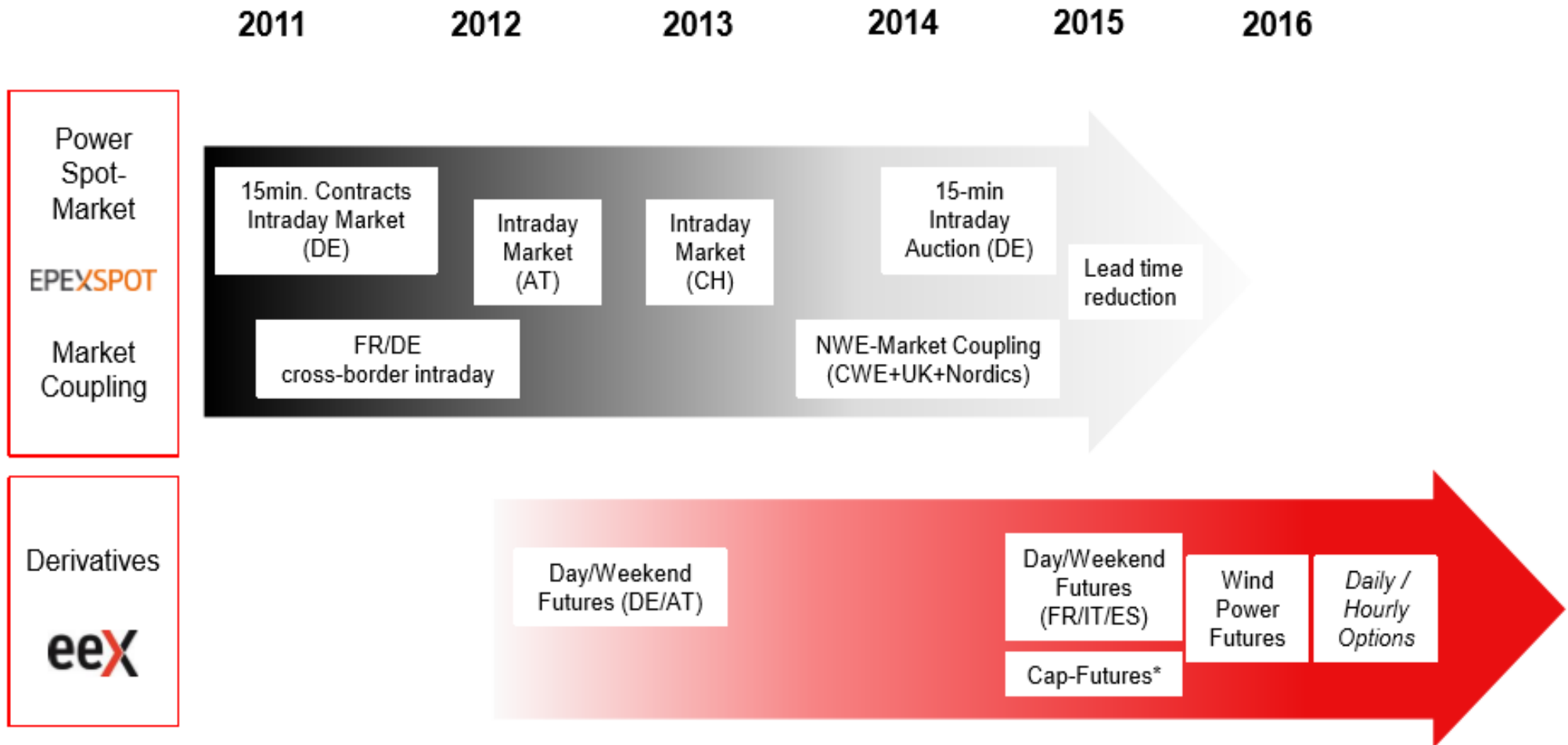


Load Factor in % WIND



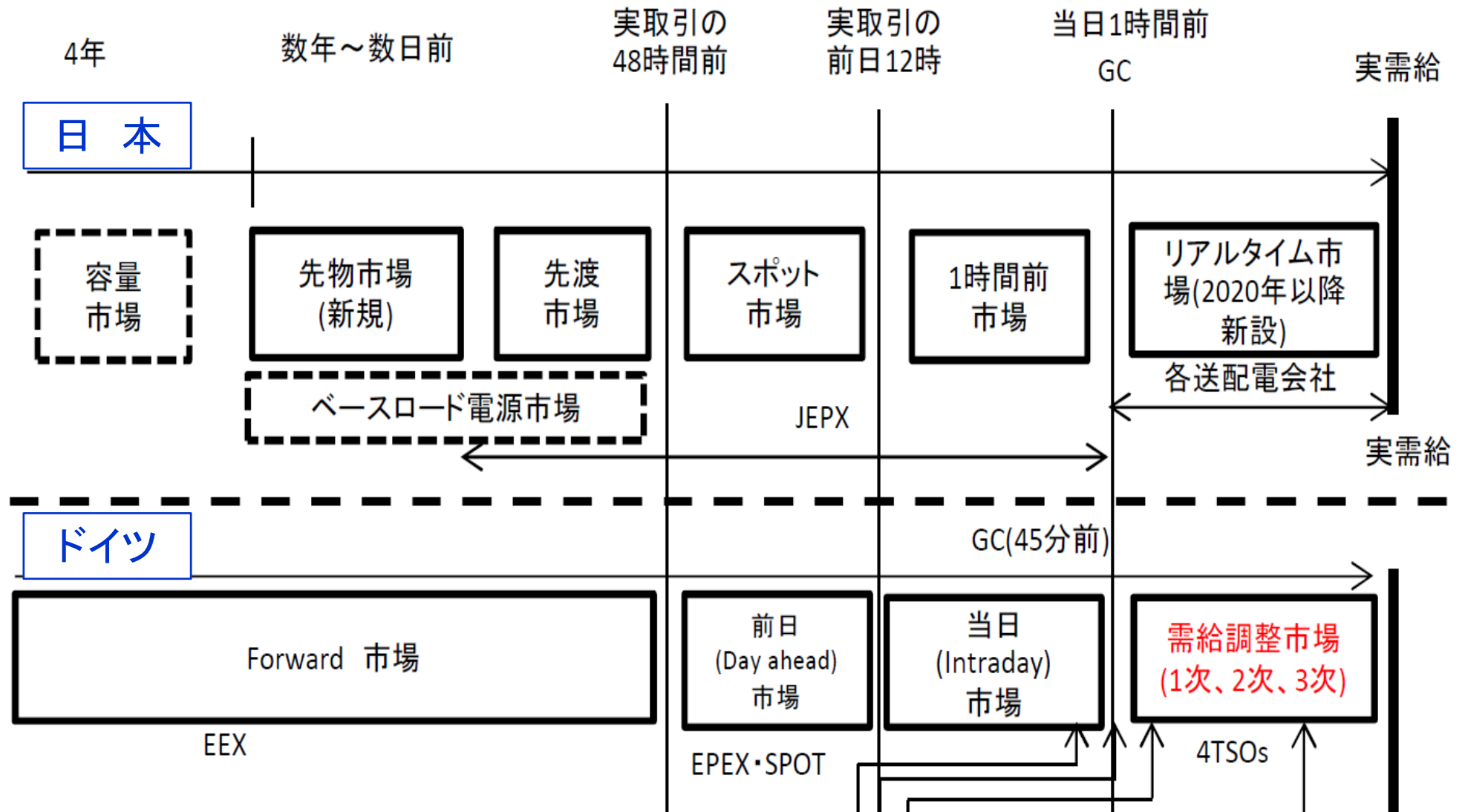
(出所) EEX資料を加工

Product Innovations for the ‚Energiewende‘



*Hedging against price risks in the Intraday market

ドイツ、日本の電力市場比較



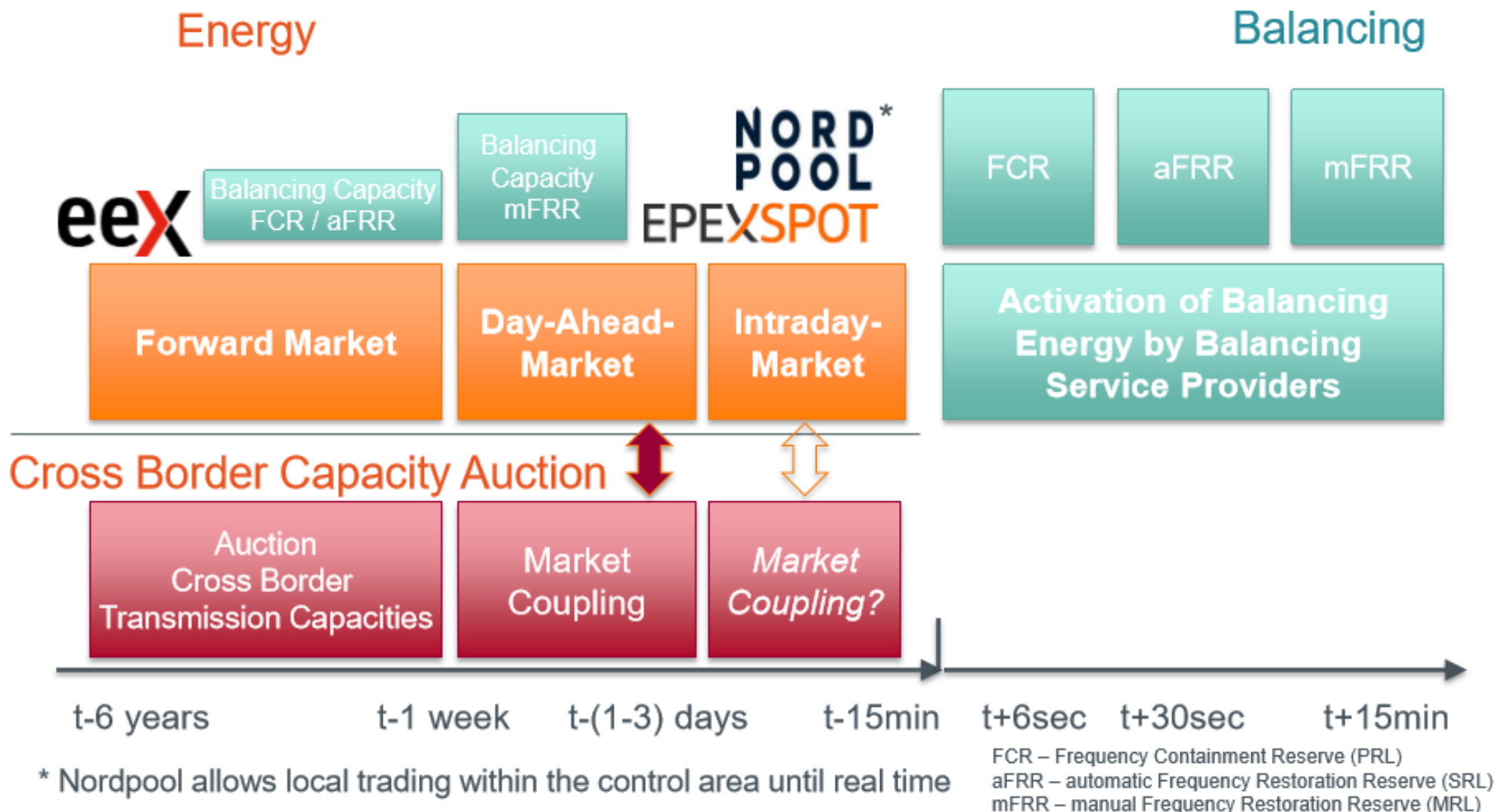
(出所) 長山浩章 京都大学教授

6. 50Hertzと市場取引

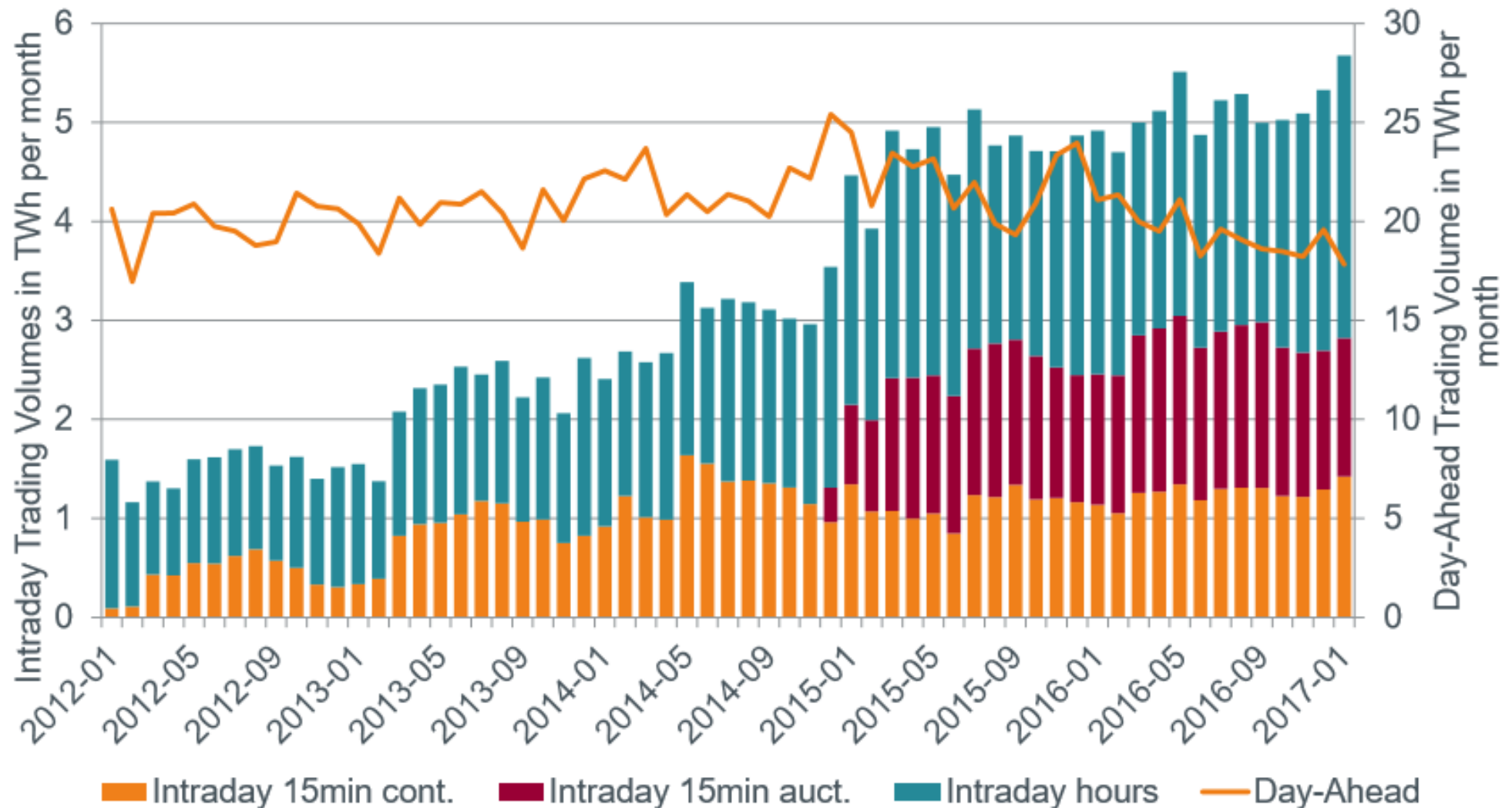
訪問時解説して頂きたい資料の抜粋

Overview of current setup

Market Setup in Germany - Timeline

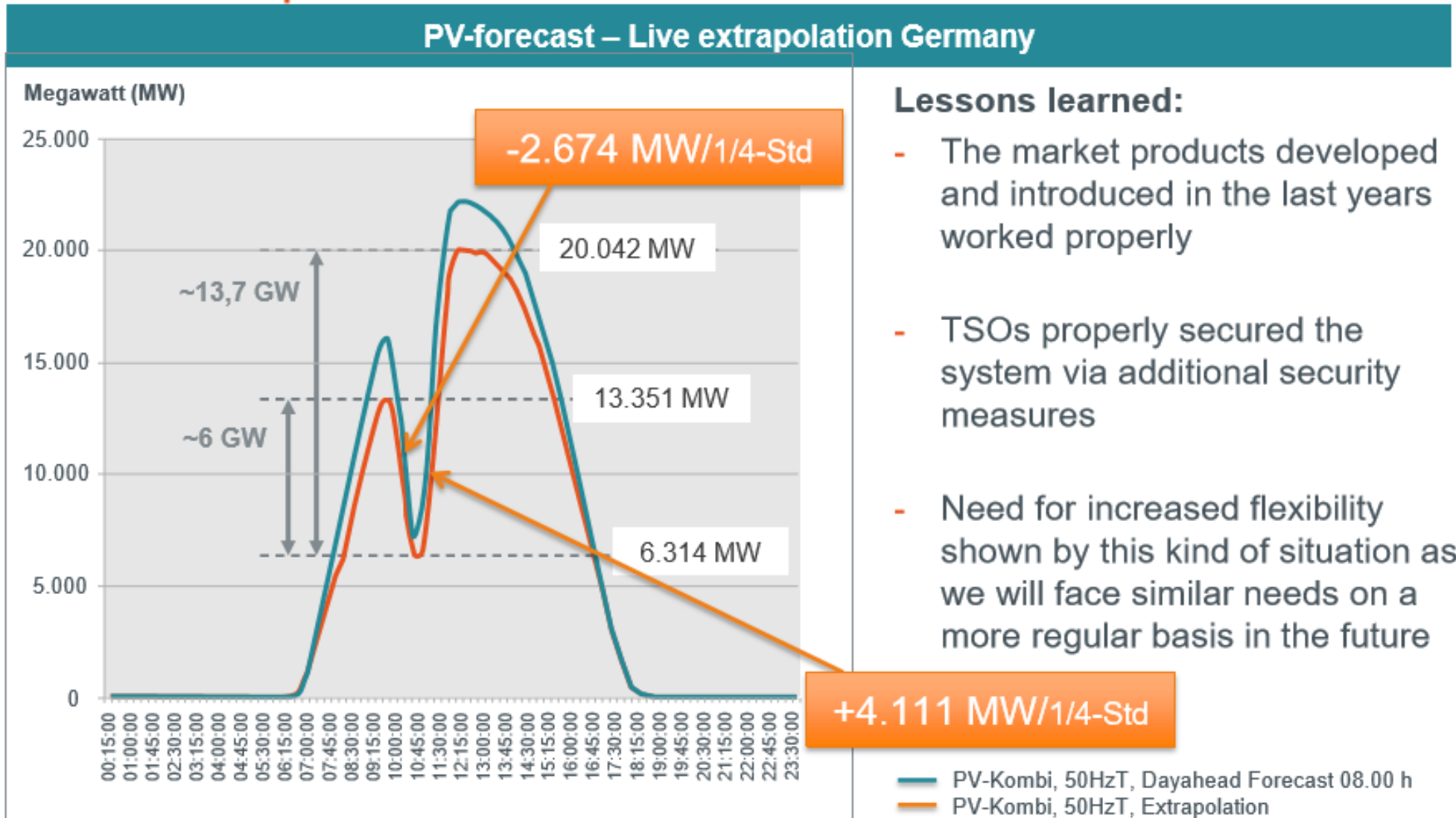


Electricity Trading Volumes – Short Term Markets



(出所) 50Hertz

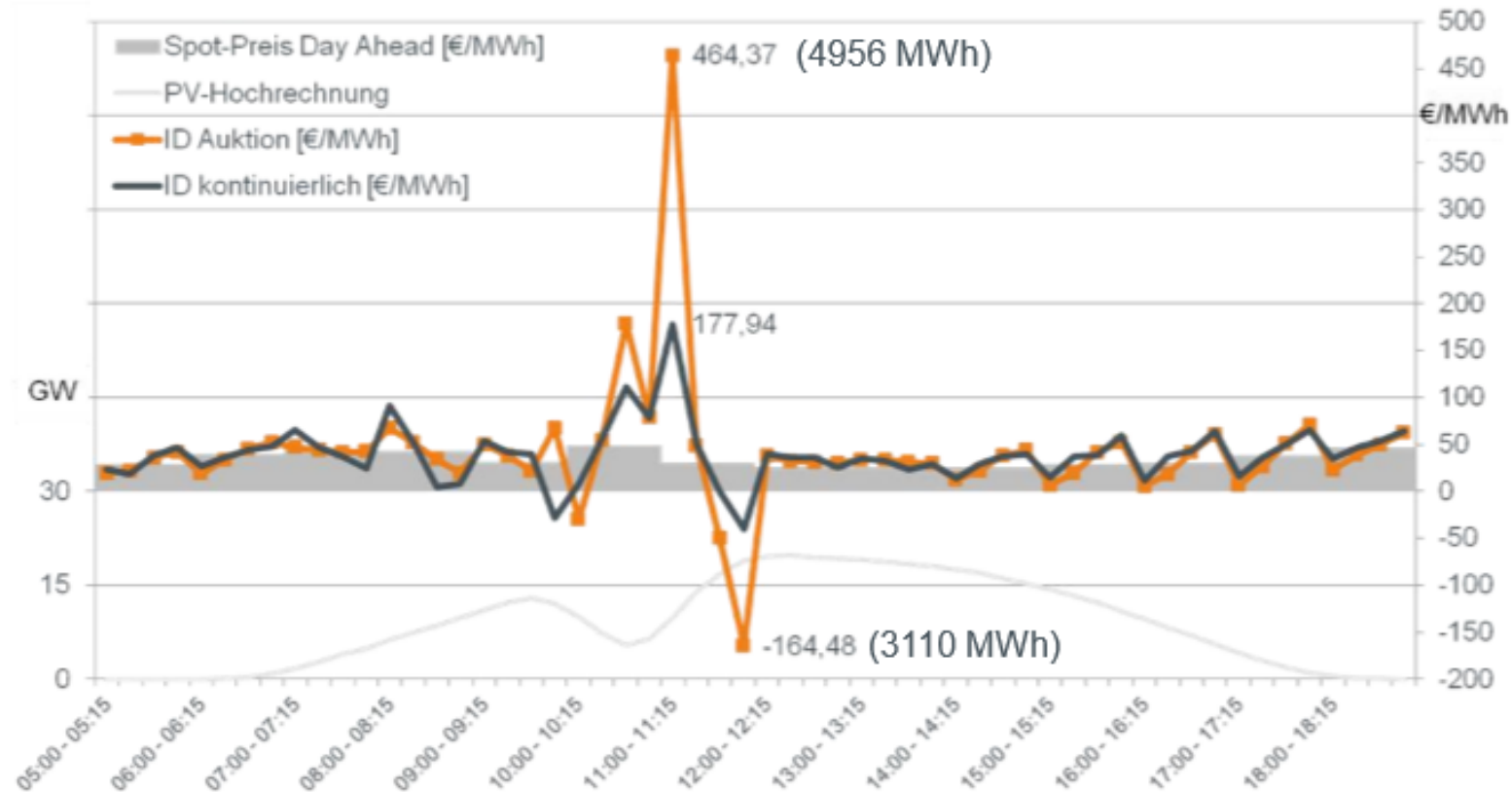
Operational challenges from PV – Solar eclipse 2015 March 20



German TSOs can count on market mechanism for basic balancing.

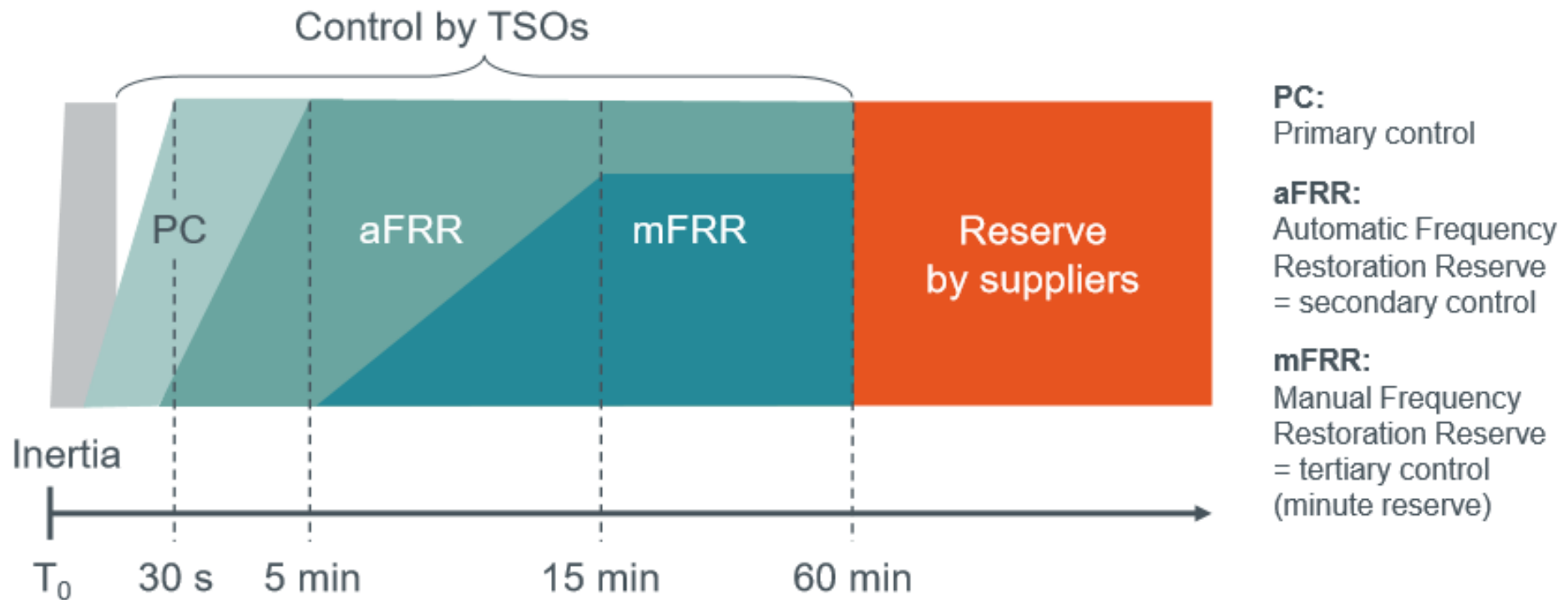
Operational challenges from PV – Solar eclipse 20 March 2015

Reaction on INTRA-DAY Market (EPEX-Spot)



The market products that were developed and introduced over the last years worked properly.

Three control power types exist to keep frequency at 50 Hz



No need so far to significantly change control power products since control power prices have steadily decreased in last years. This may change as the Energiewende gains pace.

New providers of control power are very welcome: Electric boilers and a steel mill prequalified in the 50Hertz control area



Electric boilers Stadtwerke Schwerin

- Three electric boilers prequalified for **secondary control** (aFRR) provision
- Up to **10 MW** aFRR
- Start of aFRR marketing in December **2013**



Steel mill Hamburg

- Electric furnace 3 of ArcelorMittal Hamburg GmbH prequalified for **tertiary control** provision (mFRR)
- Up to **70 MW** mFRR
- Start of mFRR marketing in **2010**

New providers of control power are very welcome: Batteries prequalified in the 50Hertz control area



Battery Berlin-Adlershof

- Power: 1 MW
- Capacity: 6.2 MWh
- Technology: Lithium-Ion Sodium-Sulphur
- Commissioning: 01/2012
- Usage: primary control

Battery Schwerin

- Power: 5 MW
- Capacity: 5 MWh
- Technology: Lithium-Ion
- Commissioning: 09/2014
- Usage: primary control

(出所) 50Hertz

New providers of control power are very welcome: Aluminium electrolysis and small end-consumer plants in 50Hertz area



Lichtblick pilot (small end-consumer plants)

- Joint project of LichtBlick Energie und Innovation GmbH and German TSOs
- Start in 2014 with **5 MW secondary control** (aFRR)
- **Potential of up to 100 MW** control power
- Utilisation of storage potentials of the so-called **Zuhausekraftwerke** (Home power plants)



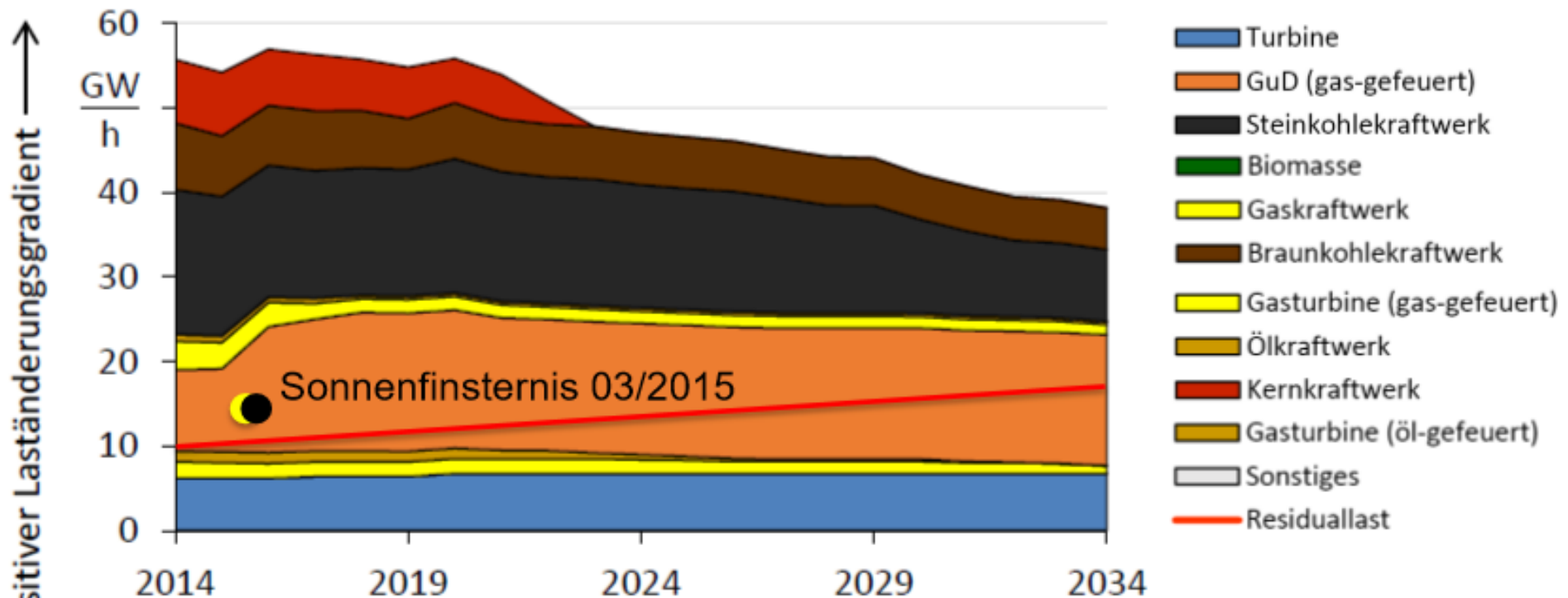
Trimet project (aluminium electrolysis)

- Provision of **30 MW primary control** by TRIMET Aluminium AG via aluminium electrolysis
- Start of primary control marketing in **2011**
- Thanks to technology applied best control quality in the 50Hertz control area

Are gradients of residual load a problem?

Hourly Flexibilities of current and future power plant park in Germany

Assumption: No new power plants built, technical reasons for existing power plants to quit operation



- Conventional power plant park supplies sufficient flexibility
→ no security risk
- But: Potentially high costs for flexibility
→ if the frame is correct, the market will provide efficient solutions