



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

再生可能エネルギーの 電力市場統合 -ドイツの動向を中心に-

京都大学 再生可能エネルギー経済学講座 2017年度 第3回 シンポジウム
2018年2月13日 (火)

於：京都大学 国際科学イノベーション棟 5F シンポジウムホール

京都大学大学院経済学研究科
中山 琢夫

目次

1. はじめに
 - Clean Energy Packageと電力市場
2. 電力取引市場の現状-EEXグループを中心に-
 - スポット市場 (EPEX SPOT)
 - デリバティブ市場 (Future, Option)
 - 「エネルギー大転換」商品 ("Energiewende Product")
3. まとめ

1. はじめに Clean Energy Packageと電力市場

効率的な電力市場を構築するために

- Clean Energy Package に基づいて
 - ‘Clean Energy for All Europeans’ (European Commission, 2016)
 - 1. 調整
 - 市場の価格シグナルをとおして
 - 2. 大規模、流動的な入札範囲 (Bidding Zone)
 - 加盟国間において
 - 3. 再生可能エネルギーの完全統合
 - 市場価格の歪曲を排除しながら
 - 4. 先渡し、先物市場
 - エネルギー大転換を促進するような
- ⇒ 域内エネルギー市場

Clean Energy Packageに対する市場運営者のアセスメント（1）

- 価格シグナル
 - 再生可能エネルギーの支援スキームは、電力市場を不要に歪曲すること
を避けなければならない（Article 4）
 - 価格は、電力の需要と供給を反映する。不要な規制価格は、市場を歪曲させ、
柔軟性を持った新たな投資を阻害する（EEXアセスメント）
- 長期ヘッジの可能性
 - 長期のヘッジの機会は、取引所で取引されるべきである（Article 8）
 - 市場はすでにヘッジを提供しており、市場システムは既存の市場ベースの解
決策をサポートするべきである（EEXアセスメント）
- 入札範囲（Bidding Zone）
 - それぞれの入札範囲は、インバランス料金範囲と同一にさせるべきである
（Article 13）
 - 広範囲で、流動性が高く、安定的な入札範囲は、再生可能エネルギーの効率
的な市場統合に必要である（EEXアセスメント）

Clean Energy Packageに対する市場運営者のアセスメント（2）

- 容量メカニズム
 - ヨーロッパの資源妥当性評価では（中略）電力システムの全体の妥当性が満たされなければならない（Article 18）
 - ヨーロッパの資源妥当性評価は、容量報酬メカニズム（CRM）の必要性を減少させることができ、そのことで、追加的な市場の歪曲を減らすことができる（EEX アセスメント）
- 市場システムを横断する再生可能エネルギーの市場統合
 - 価格は、需要と供給に基づいて形成されるべきである（Article 3）
 - 市場に基づいた再生可能エネルギー支援とバランスングの責任の付与は、市場システムを横断した協調に向けた重要なステップである（EEXアセスメント）
- 政策の調整
 - 発電容量は（中略）550g-CO₂/kWh以下の排出で容量メカニズムに参加できるものに限定されるべきである（Article 23）
 - 気候・エネルギー政策は調整されるべきだが、効率性を確保するために、混乱させてはならない（EEXアセスメント）

再生可能エネルギーの将来 (風力発電の入札)



Bundesnetzagentur

Press Release

Bonn, 13 April 2017
Page 1 of 2

- 風力発電の入札
- ドイツの洋上風力オークション (2017)
 - 2021年から2025年の間に設置されるプロジェクト
 - 落札容量：1.5GW
 - 落札（平均）価格：€4.40/MWh
 - 補助金ゼロ案件の出現
- 風力発電は最も安価な発電源であることを示している
- 長期取引ベースのヘッジの提供は、風力発電プロジェクトの収入を安定させ、商業的にする
- したがって、価格変動は、市場ベースの方法で対処される

Bundesnetzagentur announces successful bids in first auction for offshore wind farms

Jochen Homann: "Average award price of 0.44 ct/kWh far below expectations"

The Bundesnetzagentur has today announced the results of the first auction for grid connections and funding for existing offshore wind farm projects.

"The average weighted award price of 0.44 cents per kilowatt hour is far below expectations. This shows the auction has unlocked medium and long-term cost reduction potential, which will lead to a reduction in funding to an extent that had not been expected," said Jochen Homann, Bundesnetzagentur President, commenting on the outcome of the auction.

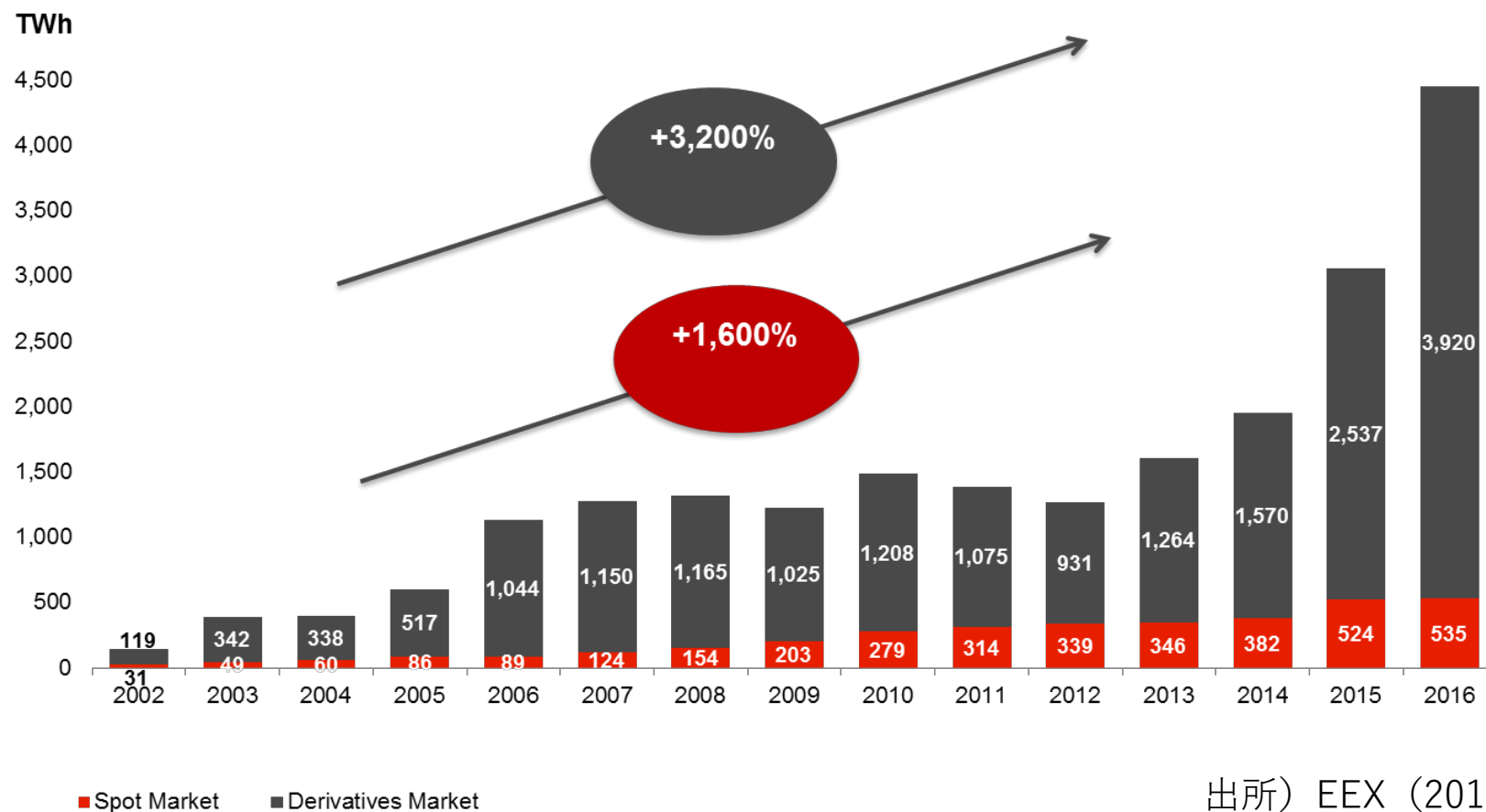
"Offshore wind energy is categorically proving its competitiveness. This is good news for all electricity consumers who contribute to funding renewable energy through the renewable energy surcharge," stated Mr Homann. "It remains to be seen, however, whether the prices in the next auction will be as low."

Auction results

Four bids were able to be accepted, taking account of the total volume up for auction of 1,550 megawatts (MW) and the possible grid connections. The four successful bids are all for projects in the North Sea and amount to 1,490 MW and thus nearly the total volume that was available for auction.

The average award price was 0.44 cents per kilowatt hour (ct/kWh). The lowest price bid was 0.00 ct/kWh, and the highest price accepted was 6.00 ct/kWh.

先渡し（先物）市場への参入の増加



電力市場の先渡し（先物）取引の状況



- 電力システムにおける再生可能エネルギー比率の増加



- より高いボラティリティ



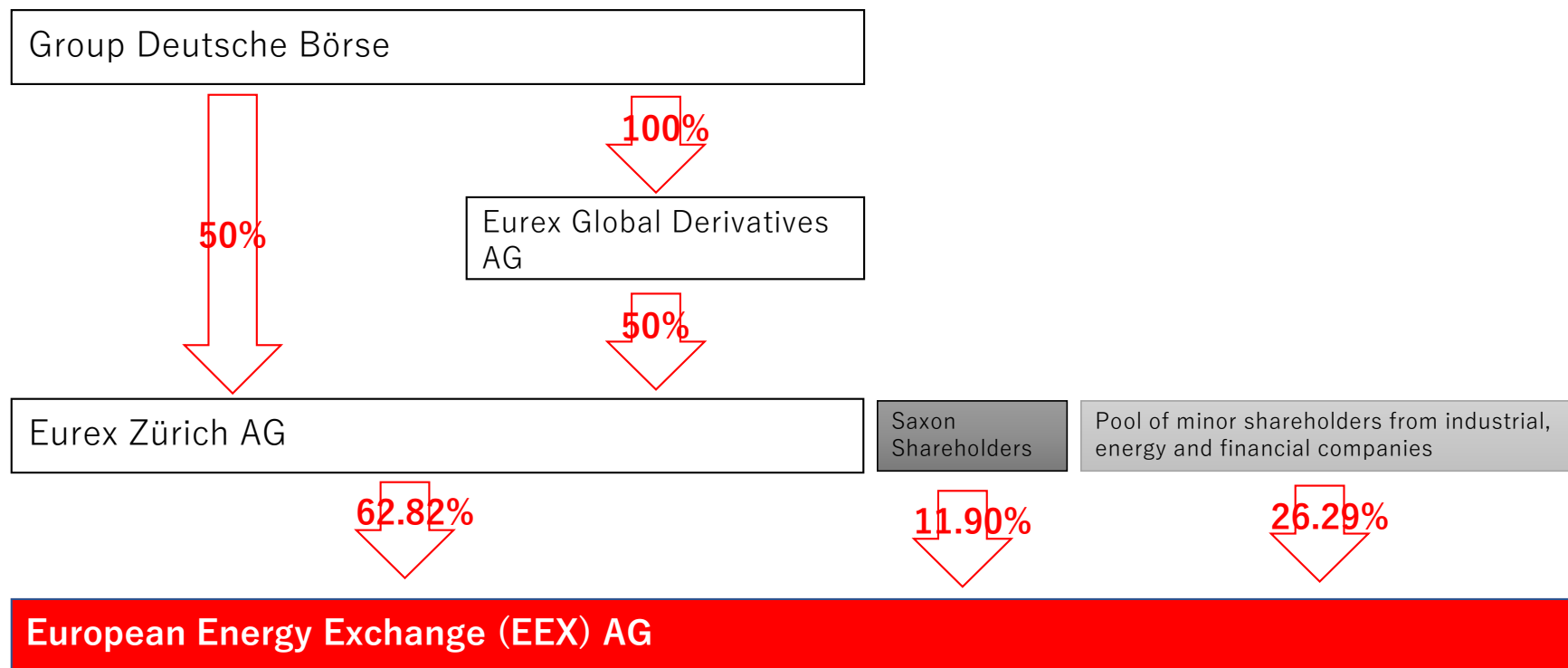
- 長期のリスクヘッジに付随する価値の増大



- 先渡し（先物）取引量の増加

2. 電力取引市場の現状 -EEXグループを中心に-

EEX(European Energy Exchange) AGの 出資構成



EEXのグループ企業

› eex

2002年、ライプ
チヒに設立された
電力取引市場

› ecc

2006年、クリア
リングビジネスを
開始

› epexspot

2008年に設立され
た、パリベースの
スポット市場

› powernext

2015年、Pegasブ
ランドの下に設立
されたガス市場

› pegas

2013年、EEXと
EPEX(Powernext)か
ら拡張されたガス市場

› gaspoint nordic

2015年設立のデン
マークベースのガ
ス市場

› pxe

2016年設立のプ
ラハベースのガス
市場

› cltx

2014年設立、シ
ンガポール・ロン
ドンベースのクリ
アリングビジネス

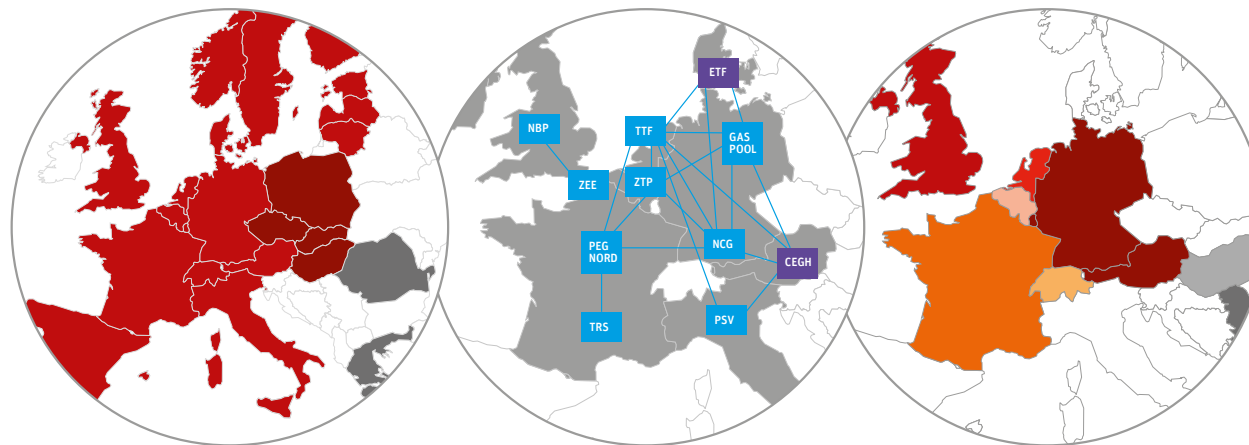
› nodal

2017年設立。アメ
リカベースのデリ
バティブ市場

› nodalclear

nodal exchangeのクリアリングサービス

EEX(European Energy Exchange)グループ



Power Derivatives

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

Natural Gas

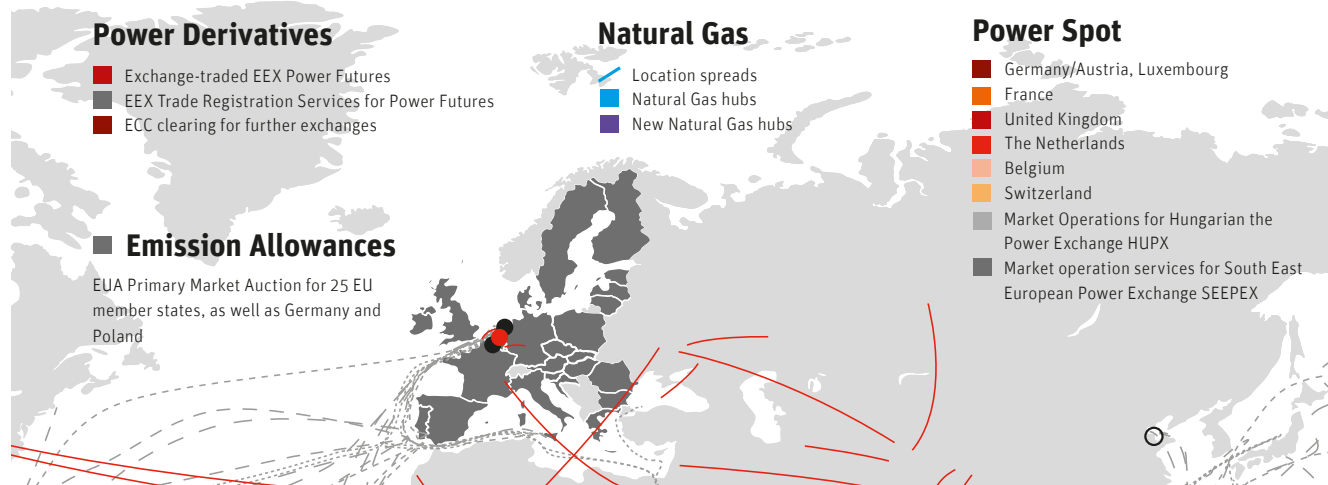
- Location spreads
- Natural Gas hubs
- New Natural Gas hubs

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



EEXグループの電力取引部門



Power

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

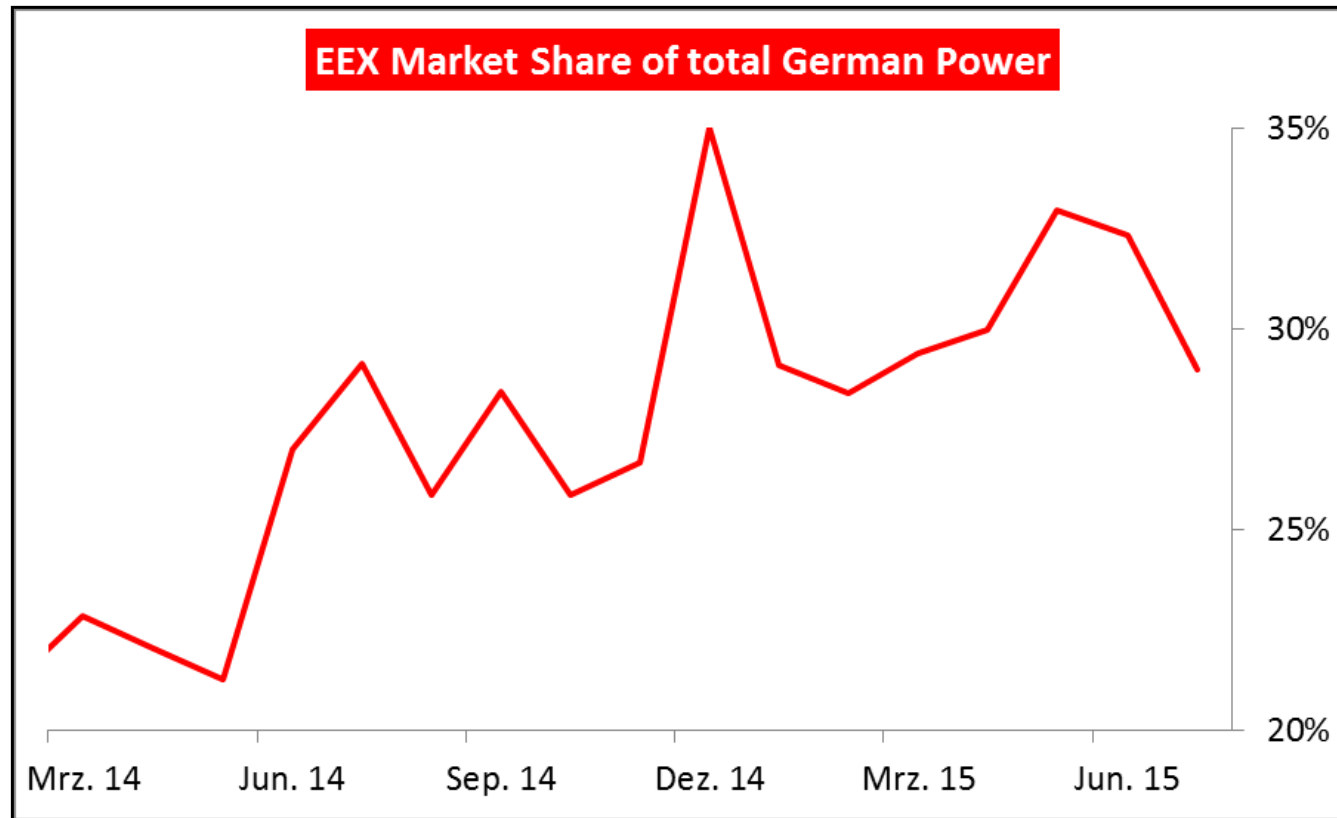
Power Derivatives

- 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



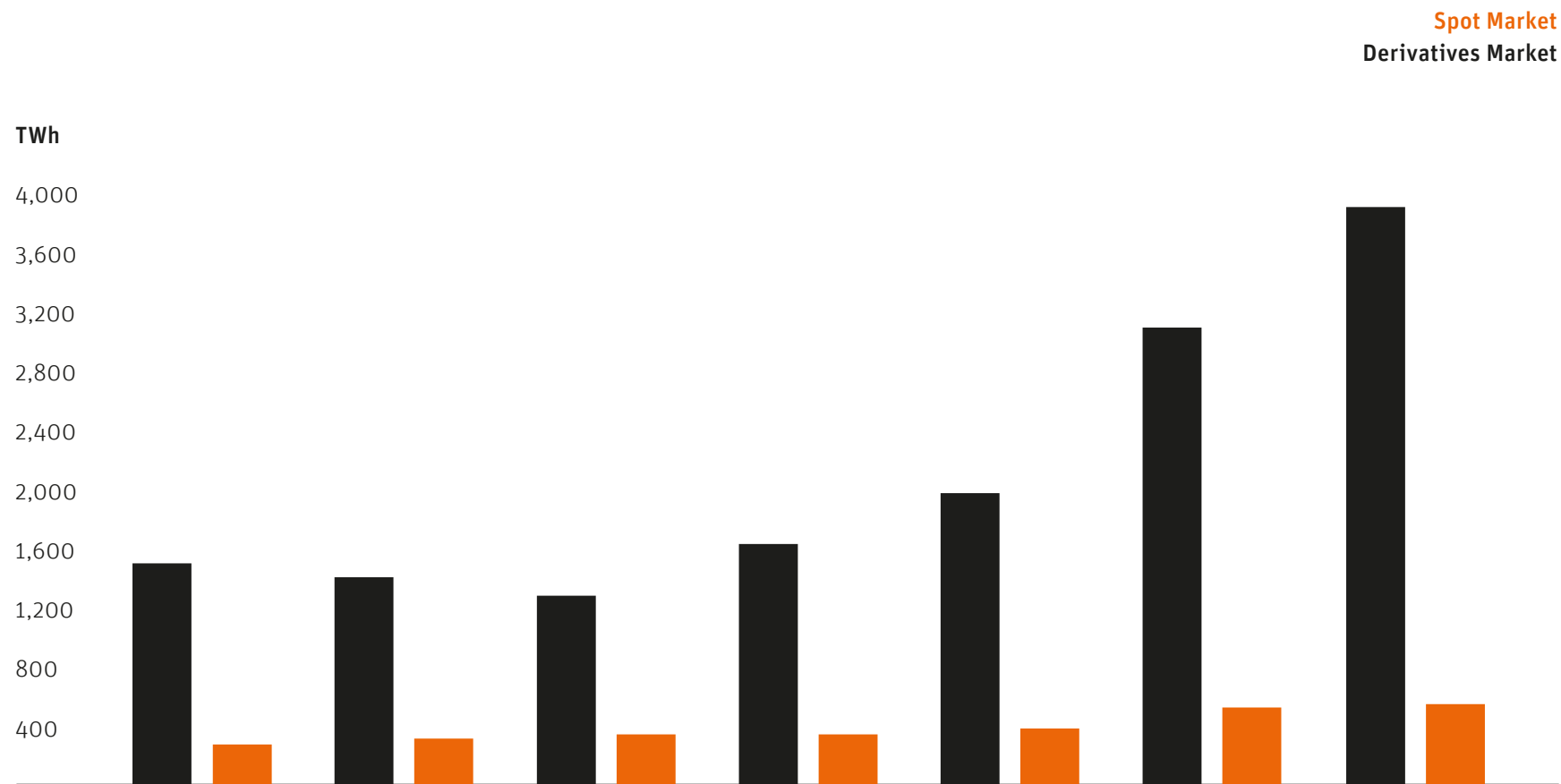
全ドイツにおけるEEXの市場シェア



The calculation of EEX's market share is based on the figures published by the exchanges and the London Brokers' Association (LEBA) every month.

出所) EEX (2015)

スポットとデリバティブの取引量

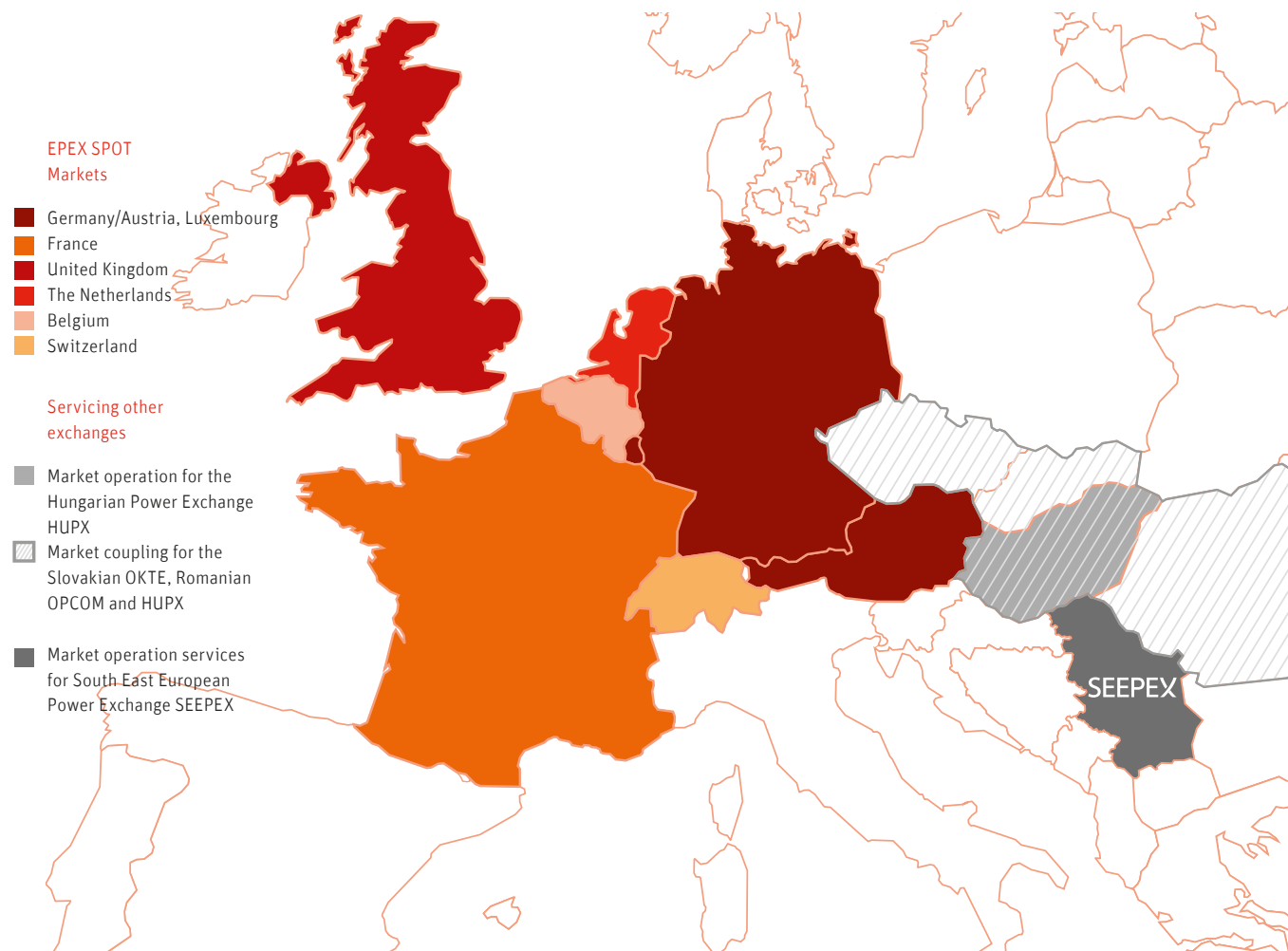


出所) EEX (2017)

スポット市場(EPEX SPOT)

- 実供給の30分前まで、短期の売買を最適化
 - 前日市場 (Day-Ahead)
 - ドイツ/オーストリア、ルクセンブルグ、フランス、イギリス、オランダ、ベルギー、スイス
 - 当日市場 (Intraday)
 - ドイツ/オーストリア、フランス、イギリス、オランダ、ベルギー、スイス
- 法的・技術的・金融的に、安全で専門的な取引を提供
- 標準化された商品による電力市場統合を支援
- TSOとの緊密な連携による物理的な信頼性

スポット市場の範囲



Spot Market

535 TWh

Traded volume in 2016

出所) EEX (2017)

デリバティブ市場 (Future, Option)

- 市場参加者の、6年先までの将来の価格変動のリスクをヘッジ
- EEX Power Futures:
 - Phelix Power Futures (DE/AT), Belgian Power Futures, Dutch Power Futures, French Power Futures, Greek Power Futures*, Italian Power Futures, Nordic Power Futures, Romanian Power Futures*, Spanish Power Futures, Swiss Power Futures, UK Power Futures, German Intraday Cap Futures, Wind Power Futures for Germany/Austria
- PXE Power Futures:
 - Czech Power Futures, Hungarian Power Futures, Slovak Power Futures, Polish Power Futures, Romanian Power Futures
- Power Options:
 - Phelix Power Options (DE/AT), French Power Options, Italian Power Options, Spanish Power Options

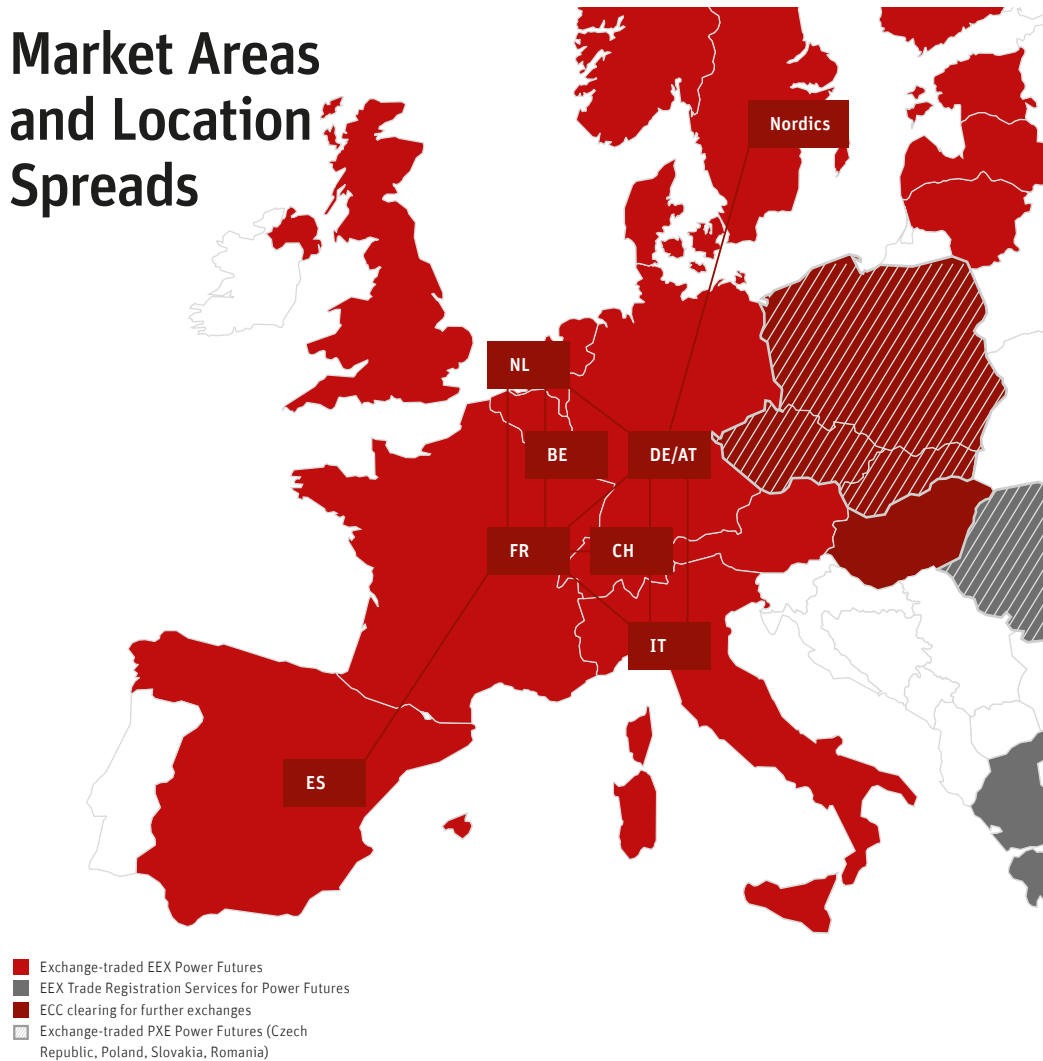
* Trade Registration product

デリバティブ市場の優位性

- ヨーロッパで最も流動性が高く、将来の電力金融契約へのアクセスが可能
 - Phelix Future
- 短期（日・週末・週単位の先物）だけでなく、標準的な期間（月、四半期、年単位の先物）の取引が可能
- ヨーロッパの主要市場での交換取引、商標登録サービス、市場間の価格差（スプレッド）取引を提供
- PXEによる、東欧の電力市場へのアクセスを提供
 - ECC (European Commodity Clearing)によるクリアリング

デリバティブ市場の拡大

Market Areas and Location Spreads



Derivatives Market

3,920 TWh

traded EEX and PXE volume in 2016

出所) EEX (2017)

Phelix Futures

－ヨーロッパのベンチマーク

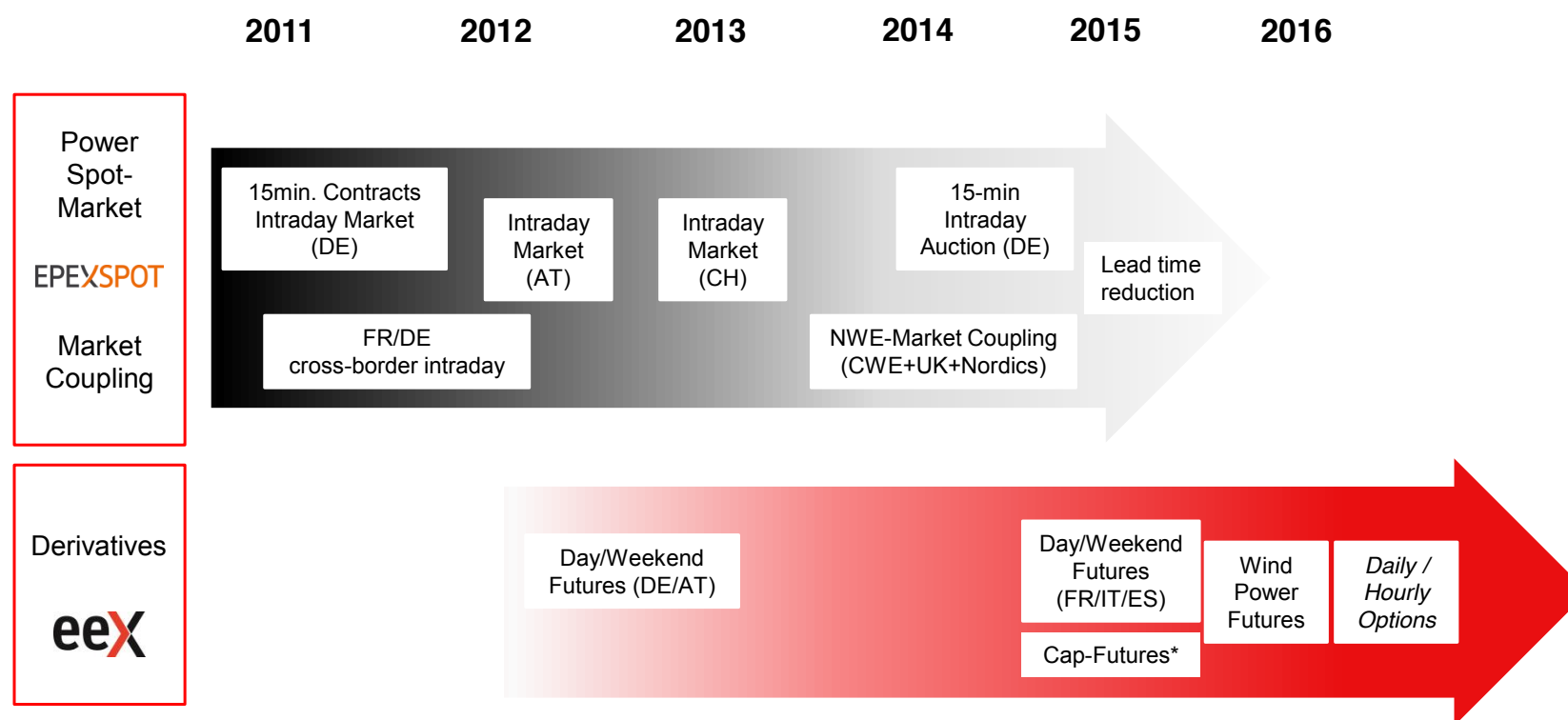
- Phelix Futureは、ヨーロッパで最も流動性の高い電力金融先物
 - ドイツとオーストリアの市場エリアで提供
 - EEXのデリバティブ市場の主要部分（52％）
 - 2016年は、2015年比で50％増
 - 2665TWh（2016）
 - 1747TWh（2015）
 - ドイツの電力デリバティブ市場のうち、EEXの市場シェアは、37％に上昇
 - 31％（2015）



「エネルギー大転換」商品 (“Energiewende Product”)

- 再生可能エネルギー電源のシェアの高まりを背景に、柔軟性の高い取引を提供
 - 風力や太陽光といった再生可能エネルギーは、既存の電力市場のさらなる発展と最適化が必要
 - 風力・太陽光発電は、事前に厳密に計測することはできない
 - 天気予報精度の制約
 - これらの市場参加者は、短期的なポジションを調整し、当日価格のリスクをヘッジするツールが必要になる
 - “Energiewende Product”は、市場参加者がこれらのリスクに対処するために、リスク管理ツールを提供
 - EEXにとっても、電力システムの柔軟性を、透明性も信頼性も高い取引可能なものに変えていくことは、重要な課題

「エネルギー大転換」商品のイノベーション

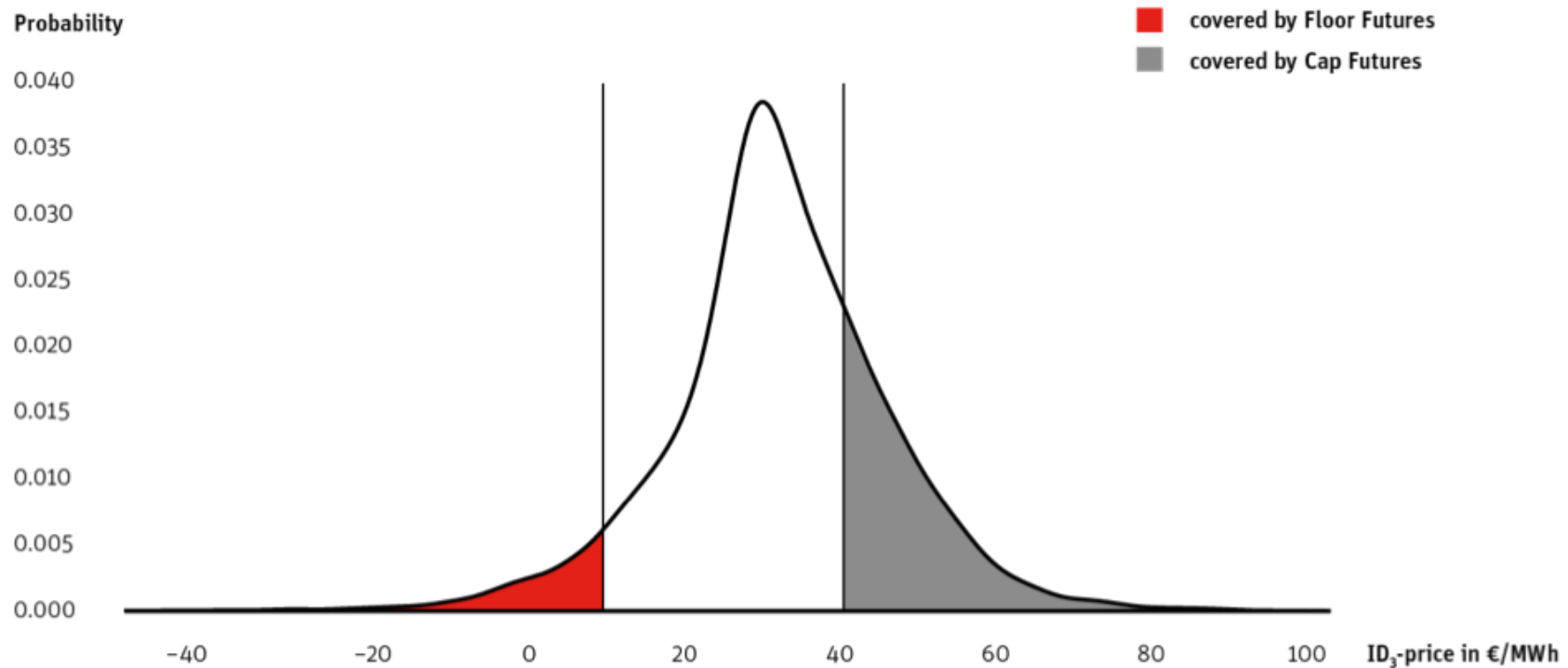


*Hedging against price risks in the Intraday market

出所) EEX (2015)

当日価格のリスク管理 (高価格：Cap Futures、低価格：Floor Futures)

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



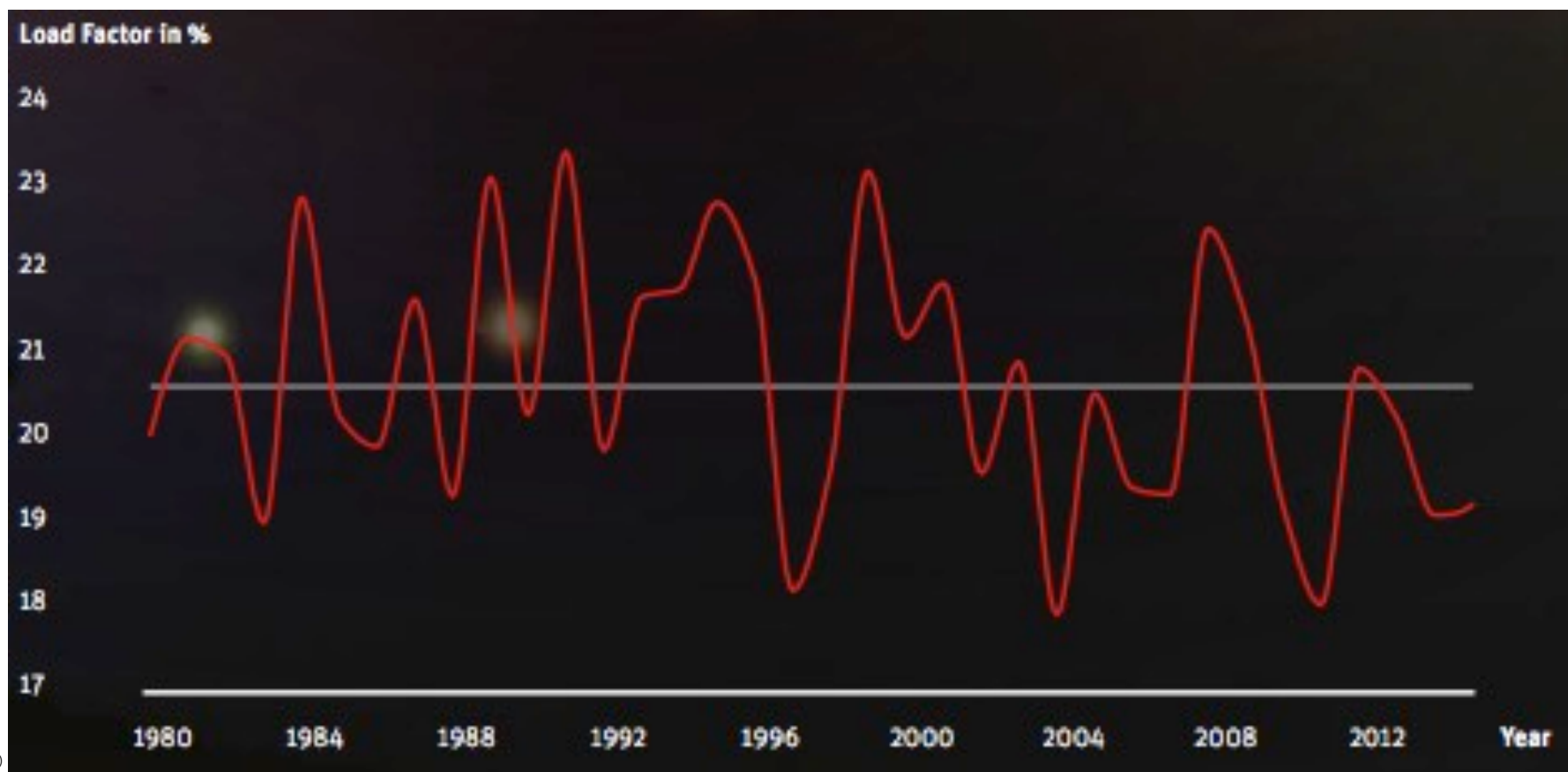
Cap Futures

- EEXのCap Futuresは、現金決済のデリバティブ
 - 当日市場における、市場価格リスクの管理に役立つ
- 伝統的な先物契約とは対照的に、Cap Futuresは、ドイツの当日市場の高価格部分を明示的にカバー
- 基準価格は、EPEX SPOTによって計算される、毎時のID₃ Price
 - ID₃ Price：実供給時間の3時間前までの、1時間商品および、15分商品の加重平均価格
- 2006年秋より、Cap Futuresがカバーする点を、40€/MWhに設定

Floor Futures

- EEXは、当日市場のために新しいfuture商品を開発（2017）
- ドイツにおけるこれまでのCap Futureとは対照的に、新しい当日（Intraday）Floor Futureを設定
 - 市場参加者が、積極的に当日市場価格リスクをヘッジできるようにする
 - 低価格リスク、とりわけ、ネガティブプライス
- 価格リスクをカバーする点を、10€/MWhに設定

風力発電の高いボラティリティ



Wind Power Futures

- EEXは、Wind Power Futuresを導入（2016）
 - ドイツとオーストリア
 - 現金決済デリバティブ
 - 風力発電の平均負荷率に対して標準化
 - 風力発電による発電量による、量的リスクをヘッジ
- ウィンドファームは、季節的な弱風のリスクを管理することができる
- 従来型発電所の発電事業者は、メリットオーダーによって風力発電からの影響のリスクをヘッジできる

3. まとめ

まとめ

- 卸売り取引所で取引される電力は、年々増加傾向
 - 近年、伸びが著しいのは、デリバティブ市場（Futures、Option）
- 電力卸売り取引事業者も、再生可能エネルギーの取引を強く意識している
 - スポットだけでなく、デリバティブにも注力
 - 再生可能エネルギーの直接市場販売のリスクをヘッジ
 - 「エネルギー大転換」商品をはじめとする積極展開
 - Wind Power Futures