

Nord Poolの 市場設計とその背景



2018年3月19日

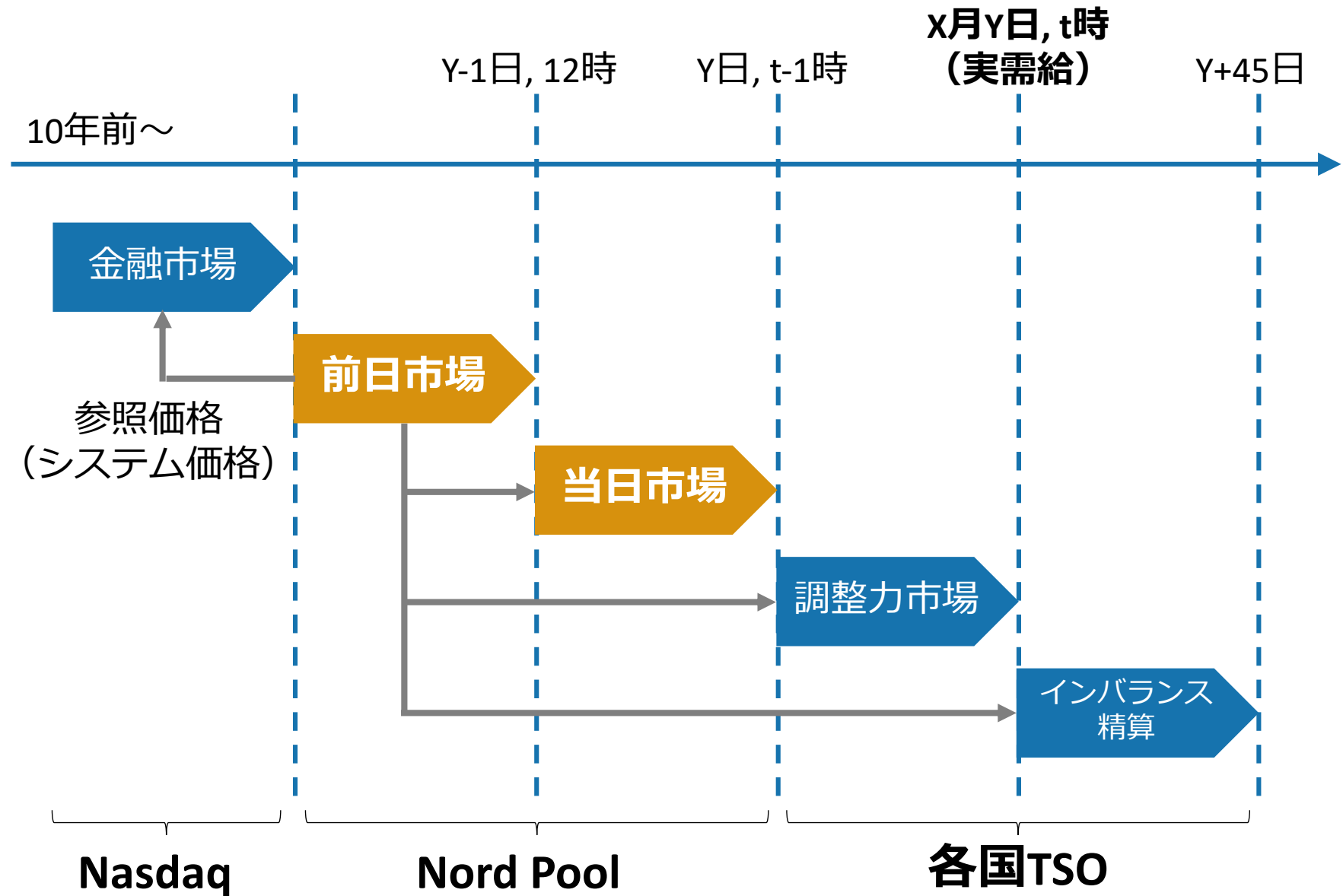
第84回再生可能エネルギー経済学講座 研究会

京都大学 地球環境学舎 / 株式会社E-konzal

小川 祐貴

北欧諸国における電力市場

1

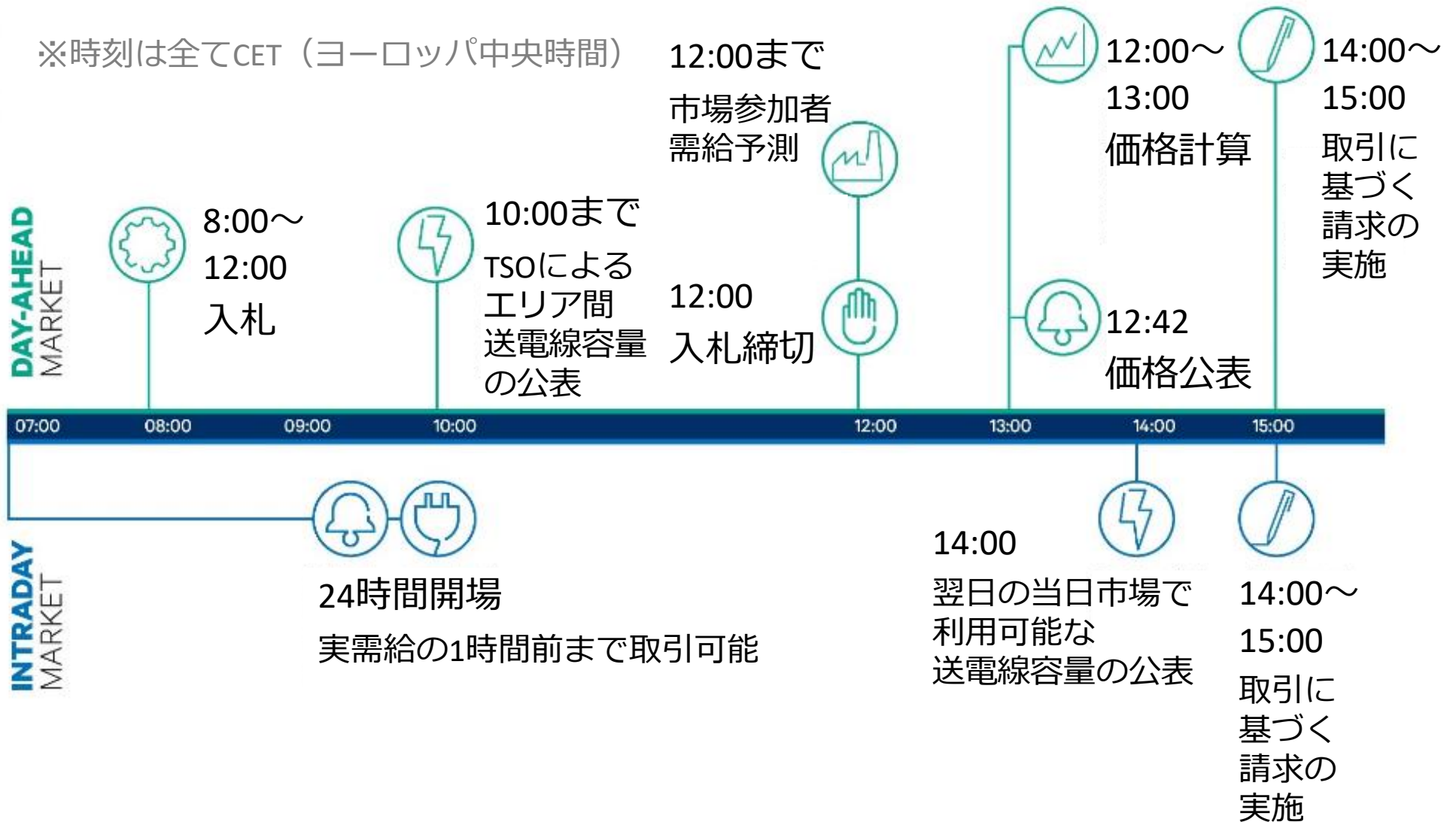


- 金融市場（Financial market）
 - 価格リスクのヘッジ
- 前日市場（Day Ahead market, Elspot）
 - 前日12時締切→システム価格とエリア価格の決定（金融市場に参照価格を提供）
 - 用いられなかった送電線容量は当日市場に割り当て
- 当日市場（Intraday market, Elbas）
 - 実需給の（原則）1時間前まで、常時取引が可能
- 調整力市場（Balancing market）
 - TSOが主催し、同時同量を維持するための調整力を調達
- インバランス精算（Imbalance settlement）
 - 実需給の後、TSOが各主体の実需要や実供給を元に精算

前日市場と当日市場

3

※時刻は全てCET（ヨーロッパ中央時間）



■ Single Hourly Orders

<http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-market-Elspot/Order-types/Hourly-bid/>

■ Block Orders

- Regular Block Orders
- Profile Block Orders
- Curtailable Block Orders; Minimum Acceptance Ratio
- Linking of Block Orders

<http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-market-Elspot/Order-types/Block-bid/>

■ Exclusive Groups

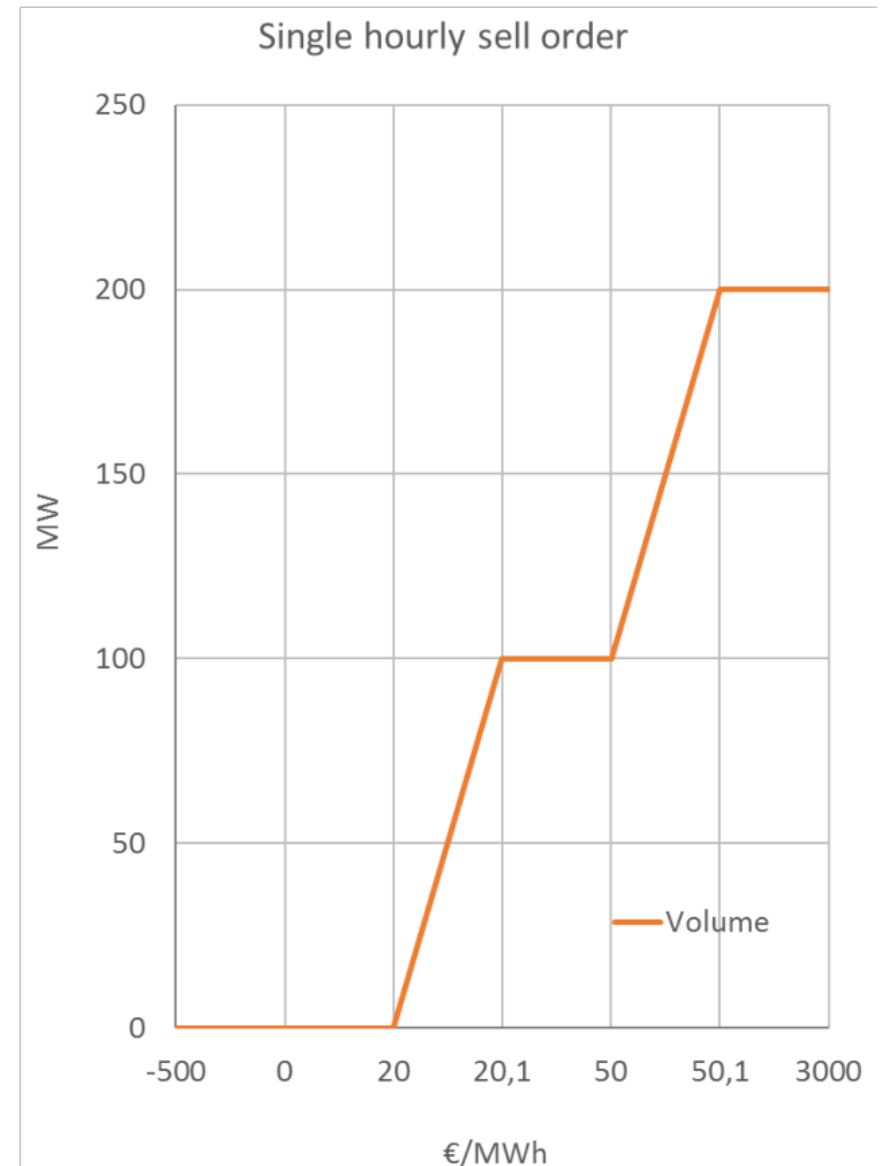
<http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-market-Elspot/Order-types/exclusive-group/>

■ Flexible Hourly Orders

■ Flexible Orders

<http://www.nordpoolspot.com/TAS/Day-ahead-market-Elspot/Order-types/Flexi-order/>

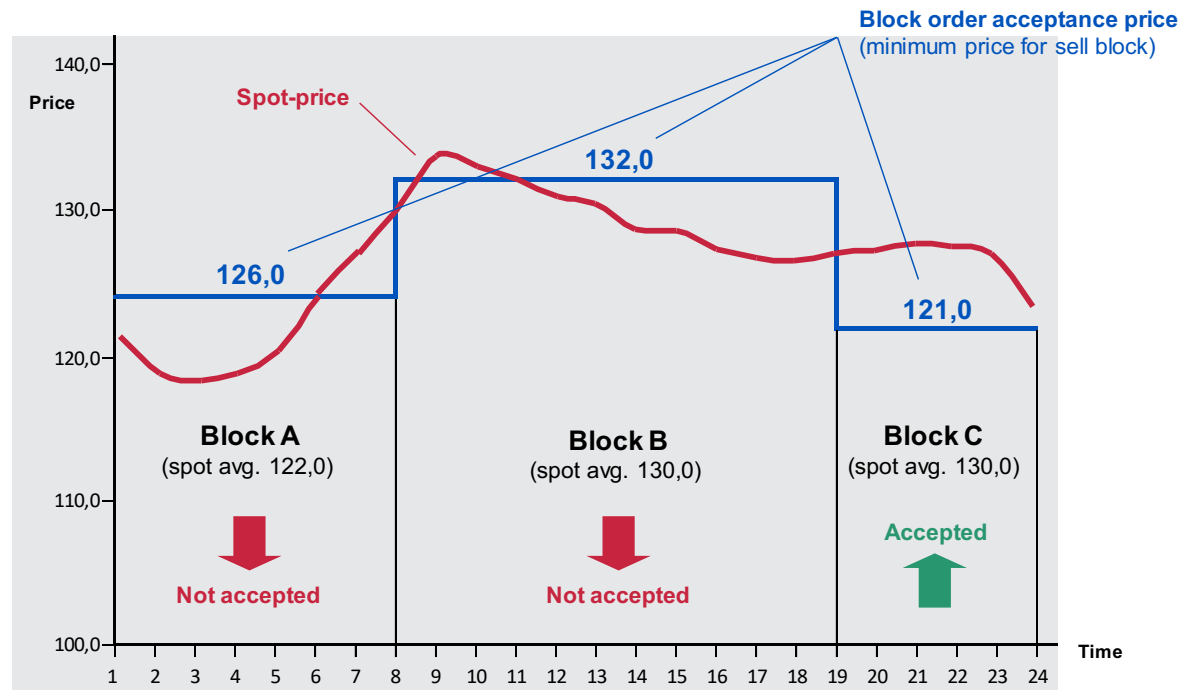
- ▶ Order to buy and/or sell electricity for the 1-24 hours on the following day:
 - 0,1 MWh resolution
 - An order consists of both price and volume
- ▶ One order may have up to 200 price steps:
 - All orders must contain at least the minimum price (-500 €/MWh) and the maximum price (3000 €/MWh)
 - In addition, an order may contain up to 198 price steps
 - Volume between two price steps is linearly interpolated
- ▶ One order per price area
- ▶ Submitting illogical orders is prevented
- ▶ Orders are created anonymously without any knowledge about others traders' orders



Regular Block Order

6

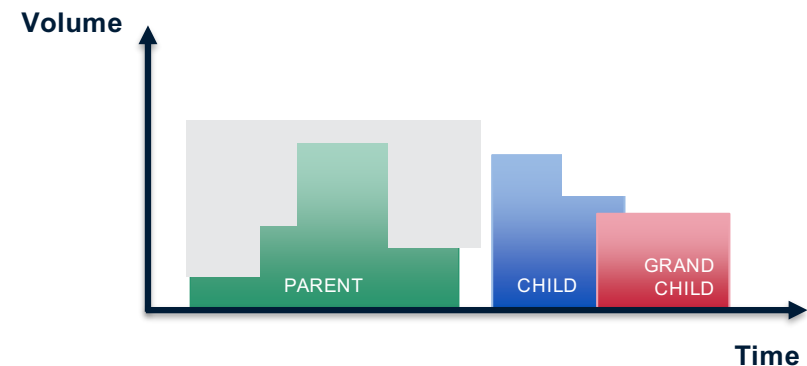
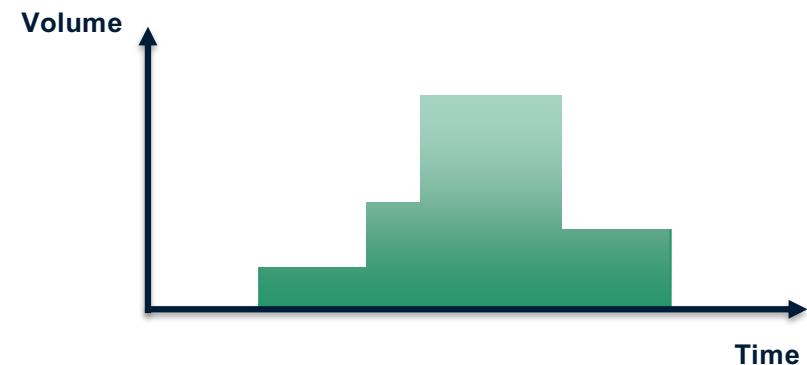
- ▶ “Fill or kill” order that can complement an hourly order:
 - Increases liquidity and flattens out the sell and buy curves
 - One trading portfolio can contain up to 50 block orders
- ▶ Trader must define three attributes:
 - Volume (max. 500 MW)
 - Price ($-500 \leq X \leq 3000 \text{ €/MWh}$)
 - Duration (min. 3 hours)
- ▶ Originally designed for thermal power producers but can be applied for other purposes as well
- ▶ Delivery price for an accepted block order is the area price per hour of the respective bidding area



出所：Nord Poolヒアリング資料

- ▶ A profile block order is a block order where volume can differ over the entire time span of the block:
 - Order must be uniform, zero volume is not allowed
- ▶ Block duration is minimum three hours:
 - Volume can change hourly
- ▶ The weighted average price over the duration of the order is used to determine acceptance
- ▶ Price of an accepted block order is always the same as area price of the respective bidding area

Example



- ▶ Curtable block orders can be partially filled according to a user-defined Minimum Acceptance Ratio (MAR):
 - A block with minimum acceptance ratio of 1 (100%) is said to be fill-or-kill: it is either fully accepted or fully rejected.
 - A block with a minimum acceptance ratio of 0.5 (50%) may be curtailed up to 50%.
 - A block with a minimum acceptance ratio of 0 (0%) is fully curtable.
- ▶ The same minimum acceptance ratio will be used for all hours of the block order (also on profile block orders)

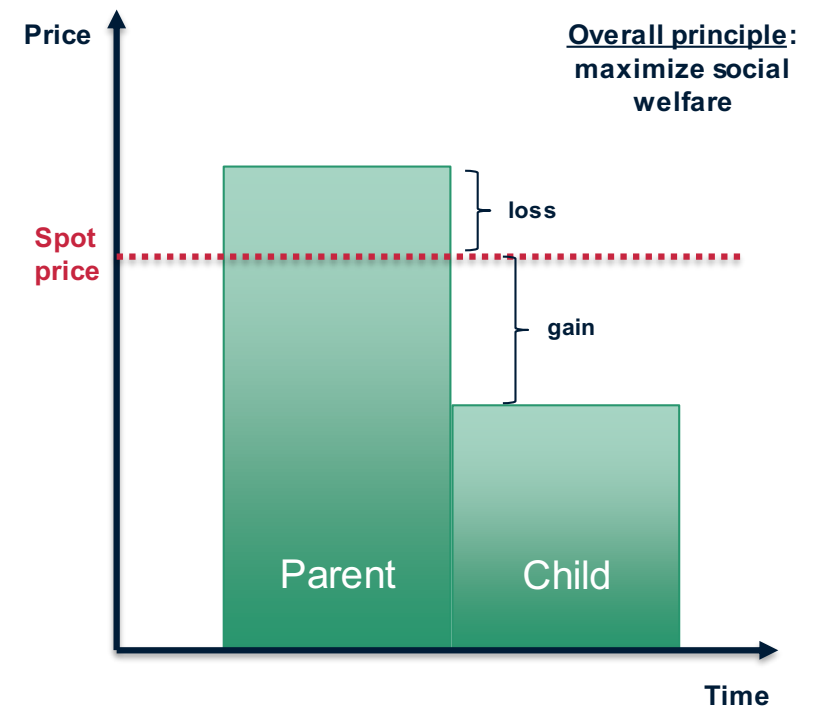
Example: Block order with 'MAR'

DURATION:	00:00 – 10:00
VOLUME:	-50 MW
PRICE:	200 EUR
MAR(%):	80 %

In the example, the trader allows the block order to be curtailed down to 40 MW (80%) and still be accepted. This will apply for all hours.

- ▶ Block orders can be linked together:
 - Normal block orders
 - Profile block orders
 - Curtailable block orders
- ▶ Linked blocks are evaluated as a group:
 - The whole group can be accepted although the first block would create a loss, as long as the group as a whole is profitable
 - Linked blocks are always executed in the original order: it is not possible to 'jump over' a block
- ▶ Possible to link altogether 13 block orders:
 - One parent can have three children
 - Each child can have three grand-children
- ▶ Since June 2016 onwards, it is possible to link buy and sell block orders

Example



- ▶ An Exclusive Group is a cluster of buy and/or sell blocks which are entered with varying volumes, prices, and periods, and out of which maximum one block can be activated (It is possible that none of the blocks is activated):
 - Acceptance rules are the same as for regular blocks
 - If several blocks in an exclusive group are within the user-defined price limit, the block giving the highest social welfare will be accepted
 - One portfolio may contain a maximum three exclusive groups and each exclusive group can contain a maximum 15 block orders
 - An exclusive group can have both profile blocks and blocks with a defined MAR
 - Linking of block orders within an exclusive group is not possible

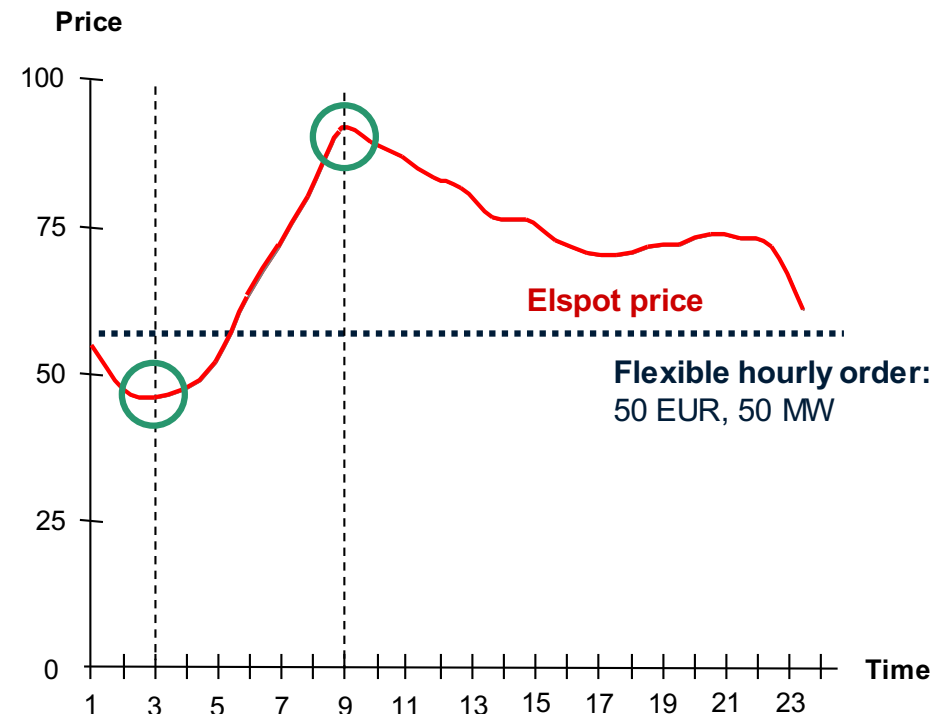
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Block A	Blue	Blue	Blue	Blue																				
Block B			Red	Red	Red	Red	Red	Red																
Block C											Green	Green	Green	Green	Green	Green								
Block D																			Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue	Dark Blue		

Illustrative example of an exclusive group consisting of two four-hour block orders and two six-hour block orders

A~Dのうち、社会厚生を最大化するブロックを1つだけ受理

- ▶ A one hour sell or buy order without a time restriction:
 - Flexible hourly order is activated for the hour that gives the highest social welfare
- ▶ Trader must define two attributes:
 - Volume (max. 500 MW)
 - Price ($-500 \leq X \leq 3000$ €/MWh)
- ▶ Each market participant can have a maximum number of five flexible hourly orders per bidding area
- ▶ Order of acceptance:
 1. Price
 2. Time

Example



Flexible hourly order activates on the hour that gives highest social welfare.

こんな1時間があれば買い／売りたい

- ▶ A sell or buy order with a length of one or more hours without a mandatory time restriction:
 - Flexible order is activated for the period it creates highest social welfare
- ▶ Trader must define following attributes:
 - Volume (max. 500 MW)
 - Price ($-500 \leq X \leq 3000$ €/MWh)
 - Duration ($1 \leq X \leq 23$ hours)
 - Time interval (must be at least Duration + 1)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
							-30	-30	-30	-30													
								-30	-30	-30	-30												
									-30	-30	-30	-30											
										-30	-30	-30	-30										
											-30	-30	-30	-30									
												-30	-30	-30	-30								
													-30	-30	-30	-30							
														-30	-30	-30	-30						
															-30	-30	-30	-30					

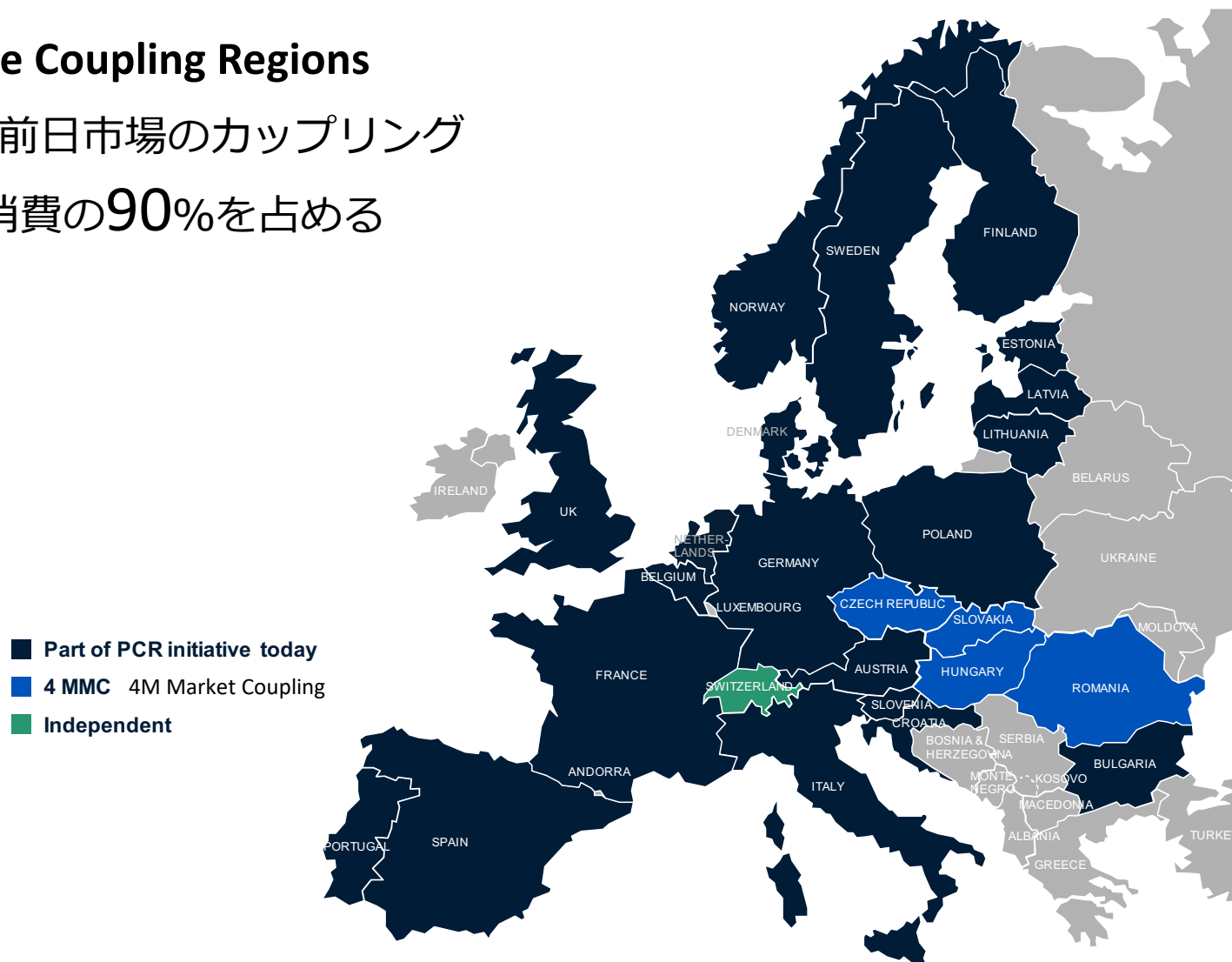
Flexible order activates on the period that gives highest social welfare.

こんな時間帯があれば買い／売りたい

PCR : Price Coupling Regions

23カ国で前日市場のカップリング

EUの電力消費の90%を占める



北欧諸国における前日市場の価格計算 14

■ 市場参加者

- 取引や送電線容量の情報をNord Poolに提供

■ Nord Pool

- 市場参加者からの情報を集約
- 価格・潮流計算の結果を市場参加者にフィードバック

■ PCR Matcher Broker

- Nord Poolなど、PCRに参加している市場からの情報を集約
- Euphemiaへの入力データ作成、出力データ読み取りと各市場へのフィードバック

■ Euphemia

- 需給が一致する価格と最適な潮流の計算

カップリングされたエリアについて 一斉に価格計算を行う

EUPHEMIA

EU + Pan-European Hybrid

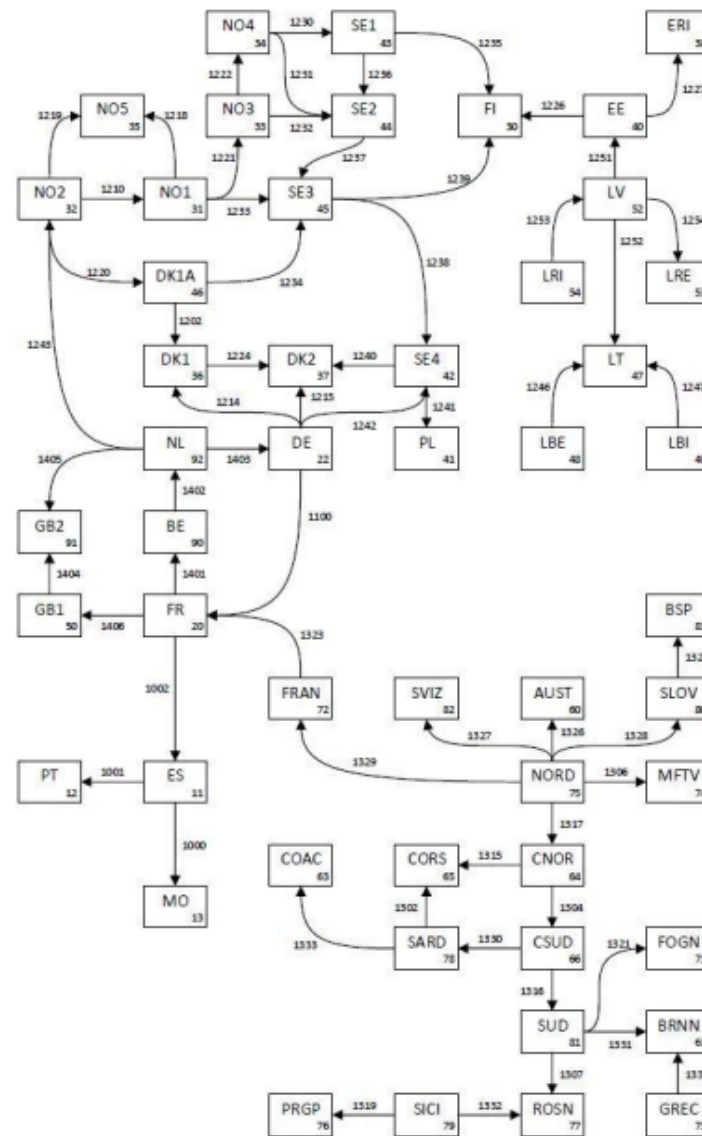
Electricity Market Integration Algorithm

社会厚生が最大となるよう解を算出

- 最も競争的な価格
- 全体の厚生を増す
- 送電線容量の効率的な割り当て

EUの6つの取引所により運用 各取引所は複数のエリアを管理

- 全てのエリアで同時に価格計算
- エリア毎に異なる価格になりうる
- 価格は各エリアで設定された
上限価格、下限価格により制約



- **ザラ場取引**
- **前日市場の取引結果に基づき**送電線容量を決定
- TSOに対する混雑レントはナシ
 - 当日市場での取引は送電費用の増減どちらにも作用
- 当日市場の締め時間は各TSOが決定
 - DNK, LVA, LTU, NOR, SWE, GBR : **1時間前**
 - FIN, EST : **30分前**
 - **DEU : 20分前** (同一TSOエリア内に限り**0秒前**)

※今後、当日市場でもオークション方式を追加的に導入予定

■ インバランスクの低減

- 前日市場締切後の需給不一致を修正

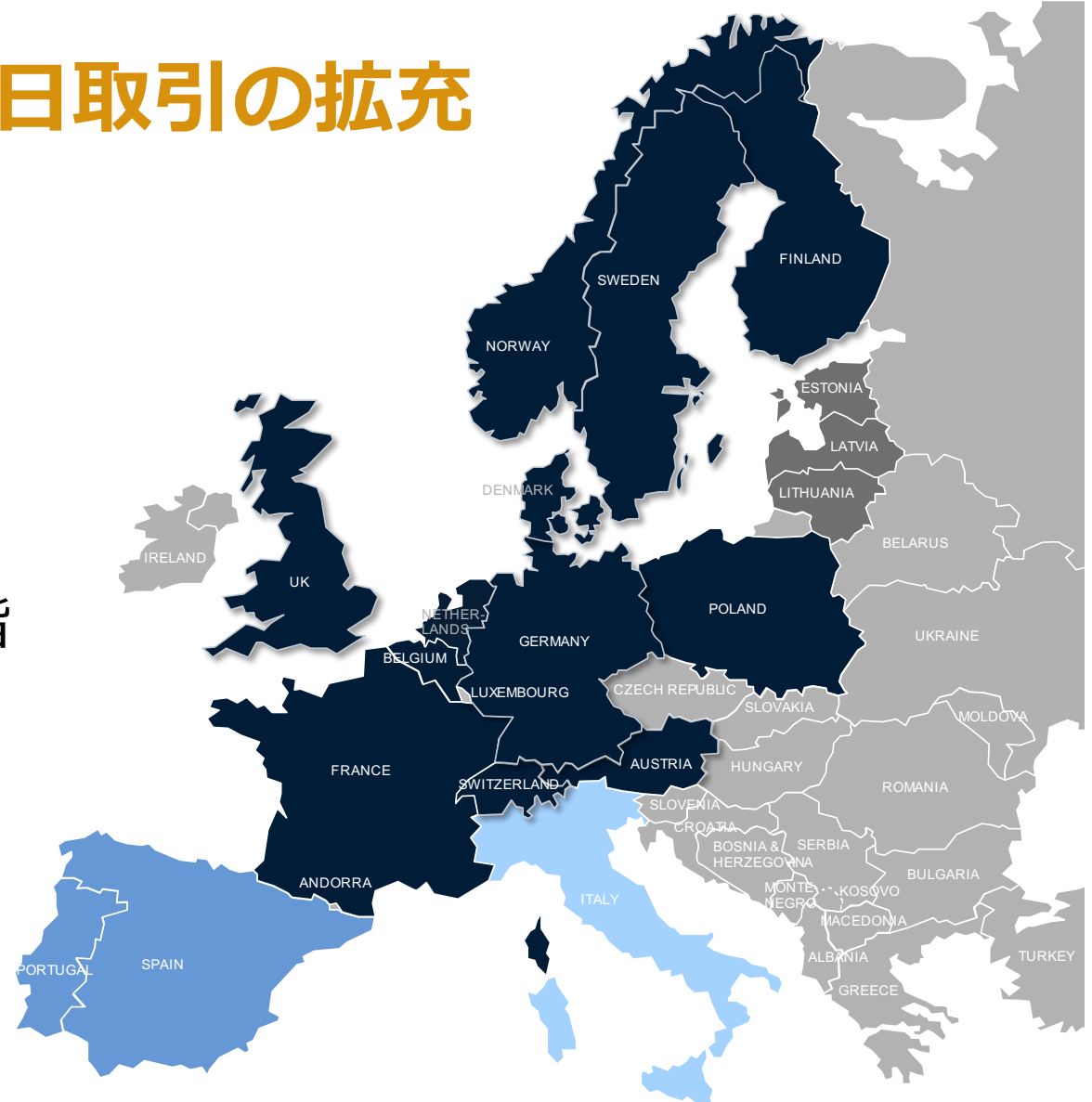
■ 供給の最適化による収益増

- より安価な電源への差し替えなど
- 現在は当日市場のシェア小のため、ノルウェー国内の発電事業者（水力中心）にとっては動機薄い
- 今後の送電線増強やXBIDの実現により活発化する可能性も

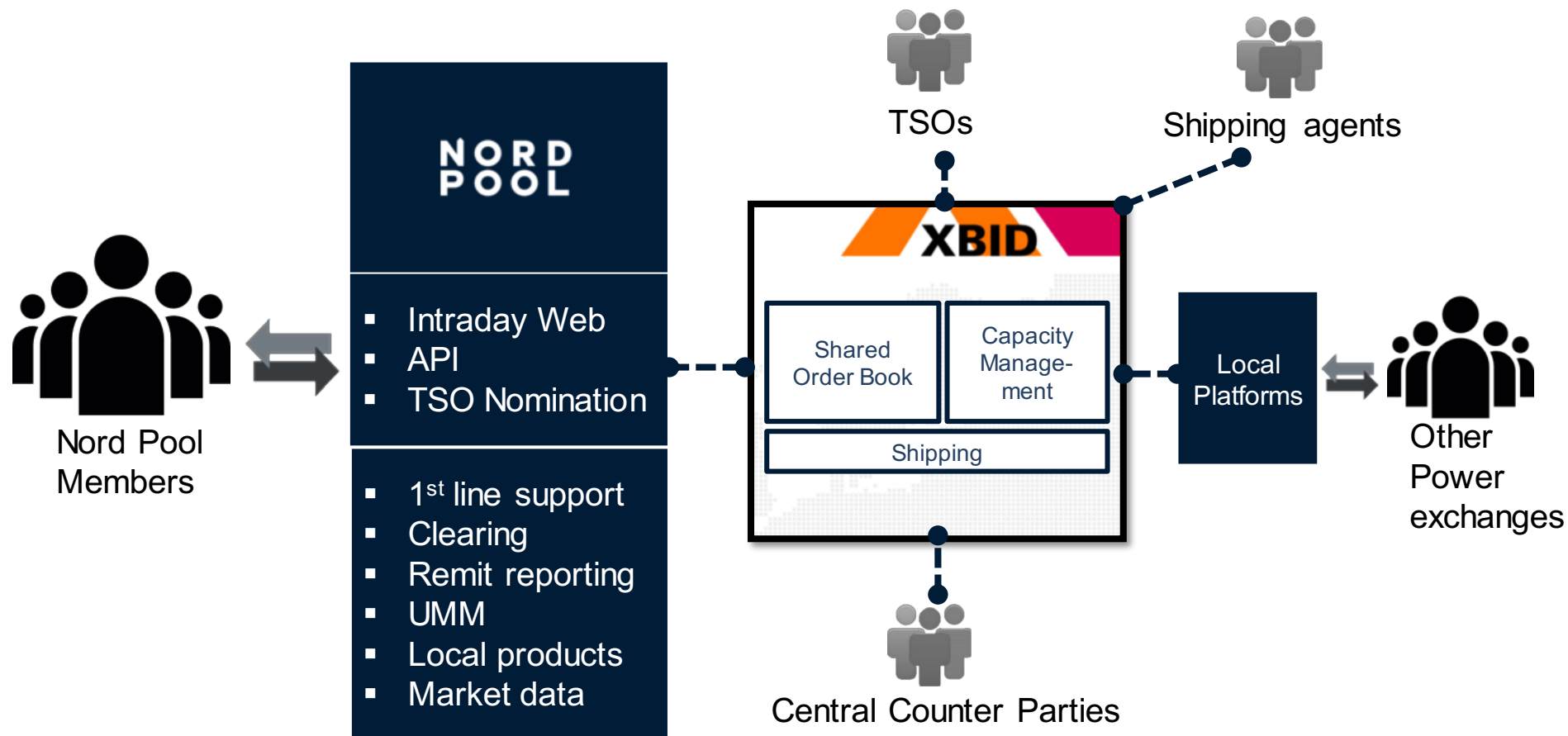
市場をまたいだ当日取引の拡充

- ・ 国際当日市場創設を目指す動き
- ・ 4つの取引所と17のTSOが参画
- ・ 2018年6月12日が目標システムのテスト段階(2017年末時点)

- 市場・TSOとも参画
- 市場が参画
TSOはオブザーバー参加
- 市場が参画
TSOの参加に向けて調整中



出所：Nord Poolヒアリング資料



- 電力について、**流動性が高く** **安全**
な卸売市場を提供すること
- 電力卸売市場について、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

	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09
Transparency	○	○	○	○	○	○	○	○
Innovation			○	○	○	○	○	

	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
Transparency	○	○	○	○	○	○	○
Innovation		○		○	○	○	○

○：Annual Reportで
言及あり

透明性の確保が最重要課題

市場自らが イノベーションをリードしていく姿勢

※直近ではスタートアップ企業（創業2年未満・従業員15名未満・年間売上10万ユーロ未満）に対し
無料で市場に関するデータベースを提供する取り組みも

北欧・バルト諸国の**TSOのみ**が出資している**株式会社**

NORD
POOL

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%

出所：Nord Poolヒアリング資料

市場＝公共インフラ
利益追求のため顧客サービス充実

- '60~'80年代に水力発電に対する過剰な投資
→ **電力産業の非効率性**に対する懸念
- 発電事業者によるカルテル行為の疑い



発送電分離

発電事業者間での競争実現

安定供給と低廉な価格

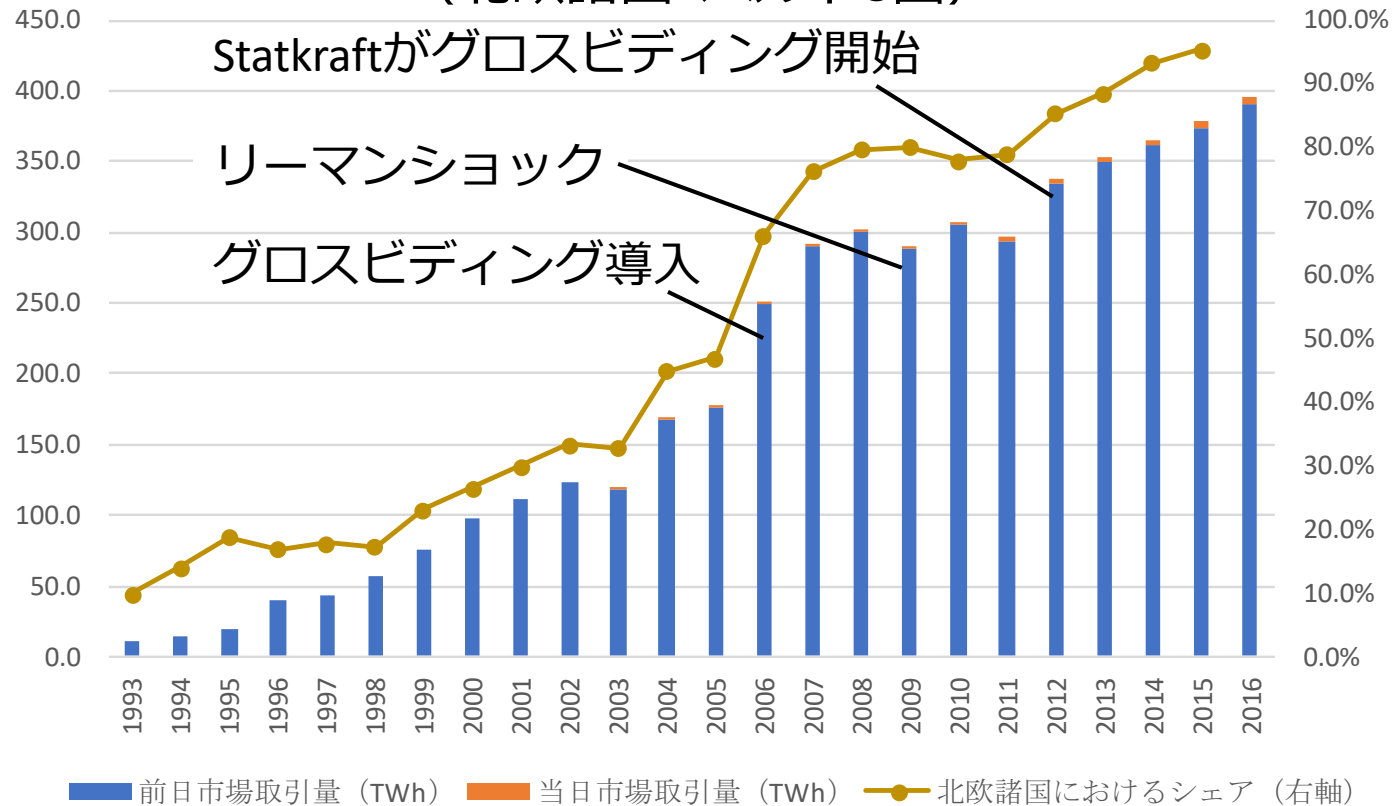
1992	ノルウェーで発送電分離
1993	Statnett Marked (Nord Poolの前身) 創設
1996	ノルウェーとスウェーデンによる 世界初の国際電力市場 = Nord Pool創設
1998	フィンランドがNord Poolに参加
1999	ブロックオーダー導入
2000	デンマークがNord Poolに参加 Leipzig Power Exchangeで前日市場運用開始 (Nord Poolが35.4%保有)
2001	エンロンの破綻 エンロンの取引ポジションを他のプレイヤーに移したが過程に透明性を欠いた...反省点

2006	グロスビディングの導入
2010	エストニアがNord Poolに参加 Nord Poolが運営する英国市場 (N2EX) 創設
2012	Statkraftがグロスビディング開始 ※スウェーデンの国営電力会社
2013	ラトビア・リトアニアがNord Poolに参加

- 当初：ノルウェー国内の過剰な供給力の販売
→市場の広域化・効率化
- 新規参加国：
広域メリットオーダーへの参加
供給の安定性の向上
- EUのエネルギー市場統合への方向性
→市場統合が進展、他の電力市場とサービス面で競争
- 情報通信技術の発達

年間約400TWhの取引量

(北欧諸国+バルト3国)



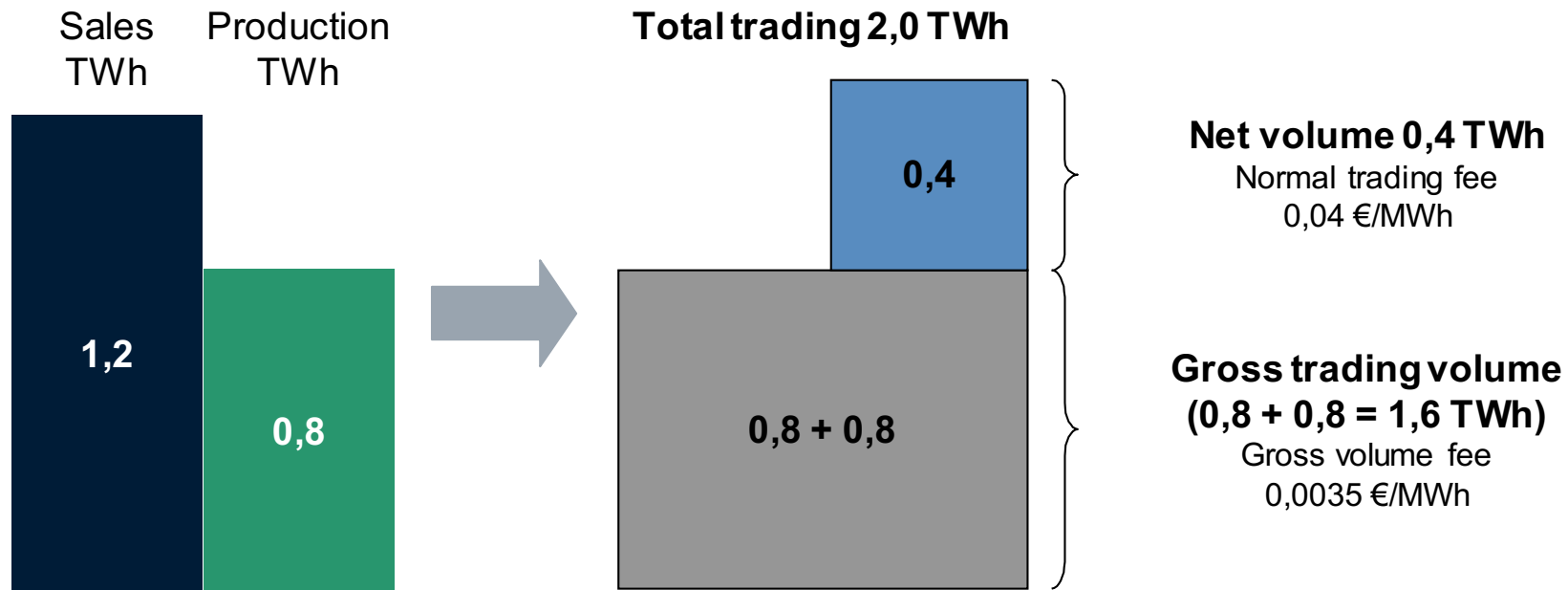
取引量の99%は前日市場

- 発電・小売の両部門を持つ事業者について
 - 発電部門は全量を市場へ売電
 - 小売部門は全量を市場から購入
 - 発電・小売それぞれが個別にNord Poolと取引
- 事業者から見たメリット
 - 発電・小売両部門がそれぞれ利益最大化していることを投資家に対して説明しやすい
 - 取引口座の無償追加と取引手数料の割引
- 市場のメリット
 - 入札の誤入力を判別しやすくなる
 - 取引量が増加することでシステム価格がより安定する

**事業者に市場参加のインセンティブを与える
市場・事業者ともwin-winになる市場設計**

グロスビディングによる料金算定

29



Net volume fees per year:	$0,4 \text{ TWh} * 0,04 \text{ €/MWh}$	=	16 000 €
Gross volume fees per year:	$1,6 \text{ TWh} * 0,0035 \text{ €/MWh}$	=	5 600 €
Clearing fees per year:	$2,0 \text{ TWh} * 0,006 \text{ €/MWh}$	=	12 000 €
Total annual trading fees			33 600 €