

voalue

# 欧州での再エネ拡大を支える デジタルフレキシビリティについて

Digital Flexibility supporting Renewable Energy growth in Europe

2024年9月12日

Value合同会社

会長 松本健一

# 何故 欧州？

=> 再エネ課題先進国

## 再エネの課題とは？

=> 気象由来の間欠性

## フレキシビリティーの重要性とは？

=> 再エネと電化の増加で、需給両サイドの変動制(**Volatility**)と不確実性(**Uncertainty**)が増す中、需給のバランス取りにはより柔軟な調整手段が必要。



## 本日のテーマ～はじめに

- 地球温暖化対策の今後にも主役であり続けるであろう太陽光発電と風力発電の間欠性課題、即ち、ボラティリティー (Volatility) と不確定性(Uncertainty) 課題に対して、欧州では、より実需給直前までバランシングを行うための「電源フレキシビリティ付与対策」を様々な角度から実施しています。
- 本日は、フレキシビリティ付与対策について、従来型の供給調整と需給調整に加え、よりマクロな「電力市場設計」とよりミクロな「デジタル技術活用」の二点を加え、欧州の最新事情についてご紹介して参りたいと存じます。
- 再エネ導入先行課題先進国ともいえる国々が複雑にカップリングし合う欧州の現状事例紹介から、日本のマクロ・ミクロ両視点から今後の対応のヒントが少しでも想起されれば、望外の幸せに存じます。

Volue 合同会社 松本健一

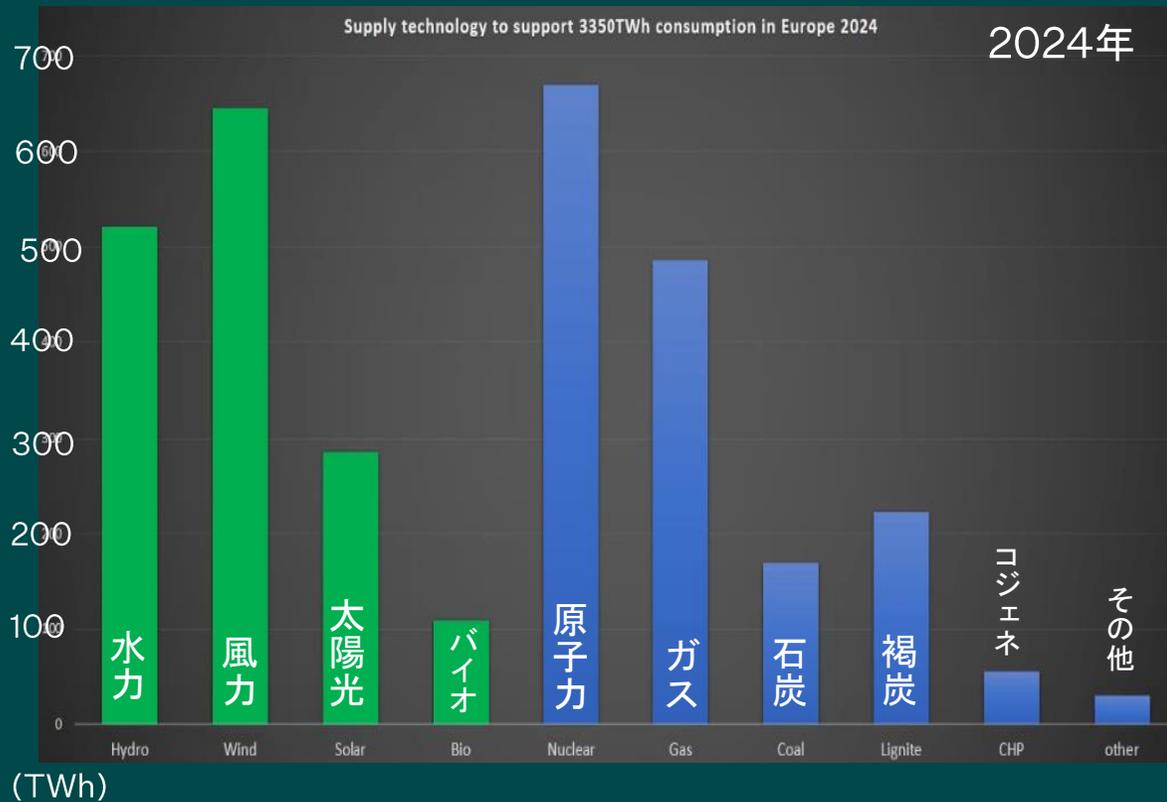
# 本日のアジェンダ：

- 1) 欧州エネルギーミックスの現状と見通し
- 2) フレキシビリティについて
- 3) 欧州の直近の2つの制度・ルール変更
- 4) デジタルフレキシビリティ事例紹介



# 2024年における欧州のエネルギーミックス:

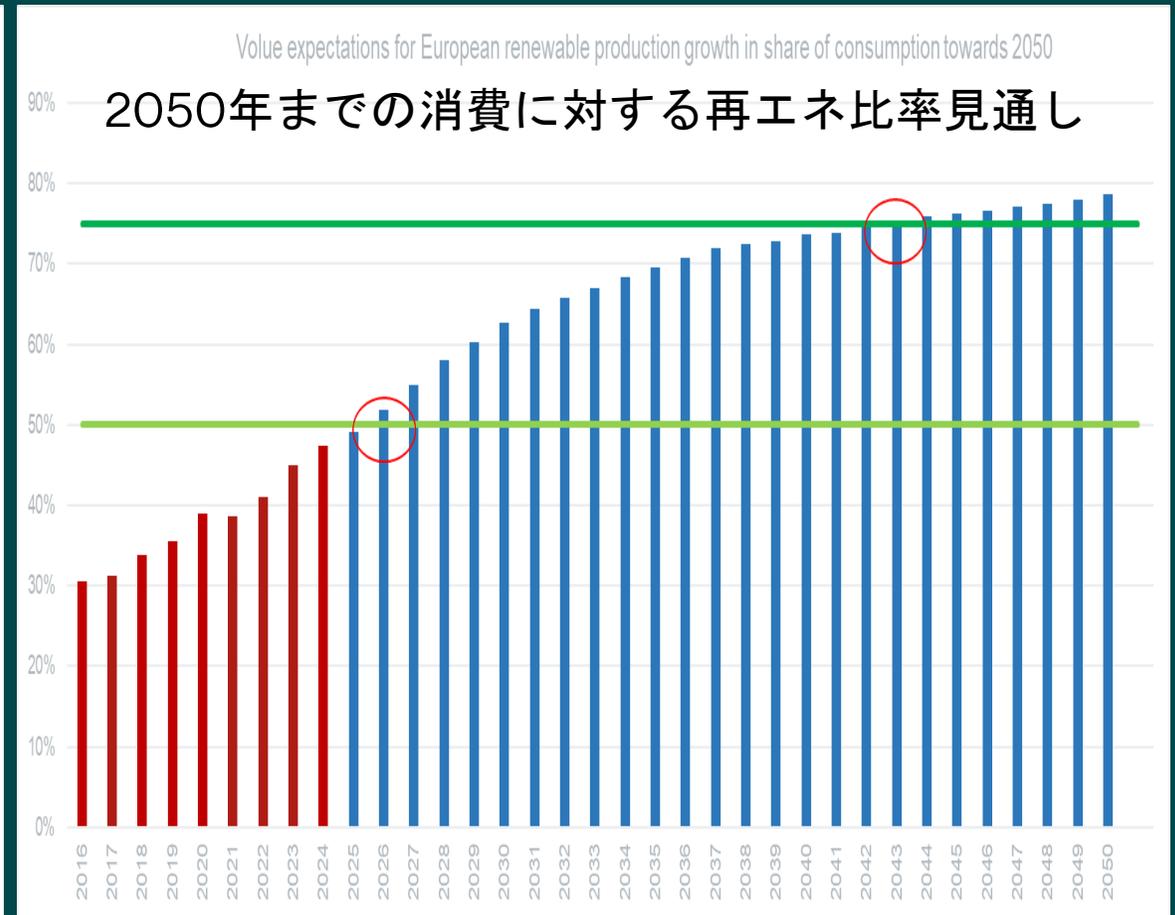
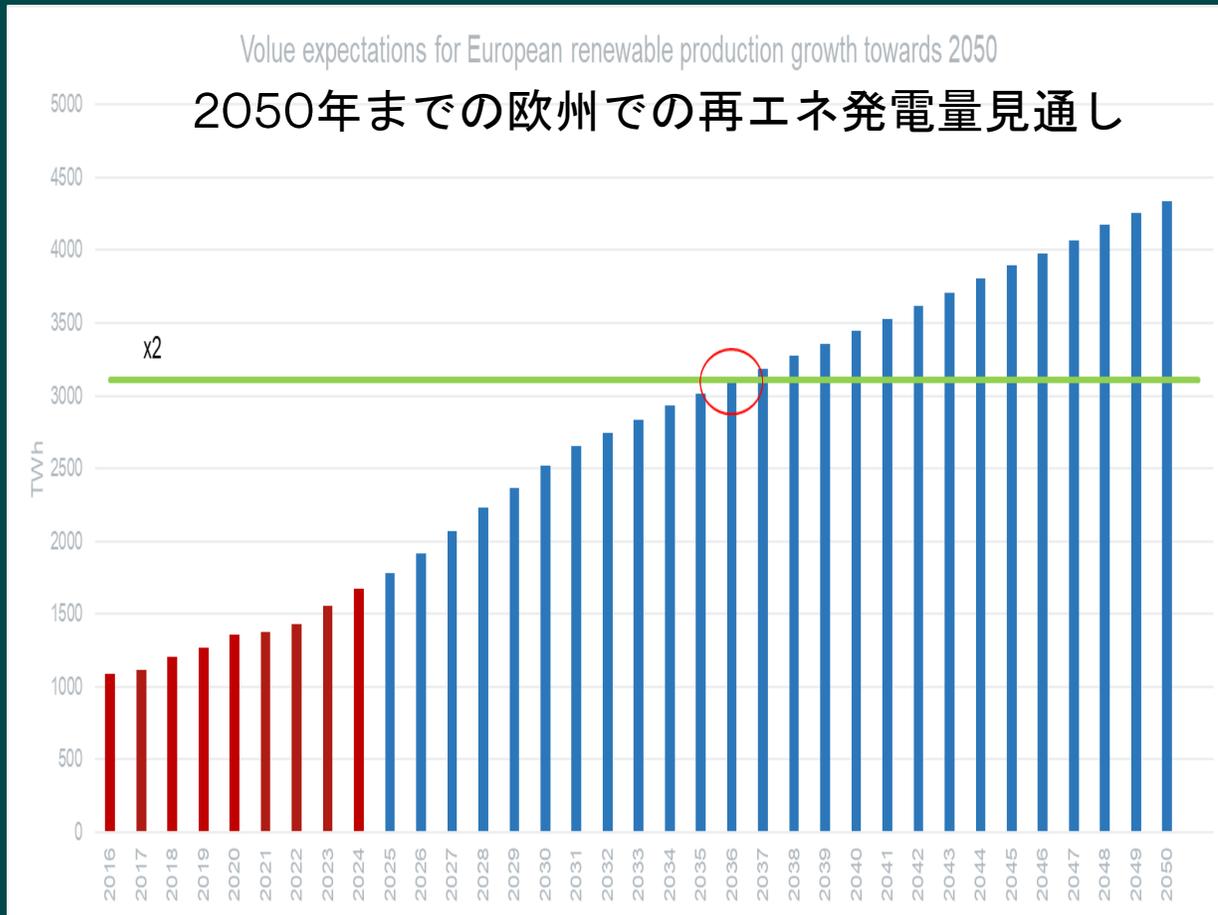
The green shift will soon reach 50% new renewable share!



- 2024年における再エネ発電割合は1,500TWhを超え、欧州全体消費量 3,350TWhの約半分に到達している。
- 2024年に過去最大の700TWhに迫る風力発電により、原子力発電がチャレンジに晒されている。
- 太陽光発電は、前年比増加率が過去最大の約15%に到達。
- それでも石炭発電は400TWhを維持している。
- ガスは「フレキシブル電源」として重要、且つ、大きく寄与していると共に、将来における電力価格の最も重要なプライスシグナルとなる。

# 欧州における今後の再エネ発電量の見通し (Value調べと予測)

Valueの予測では、今後12年間で倍増する一方、2026年には電源消費量の50%に達する見通し。



- 再エネは毎年100TWh以上のペースで積み上がる
- 再エネ電源は10年で倍増の勢い

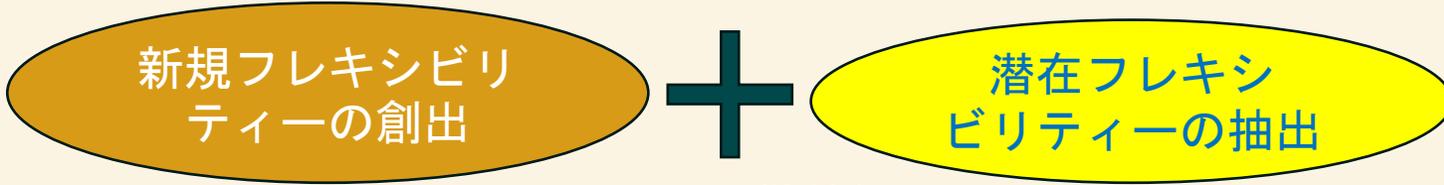
- 再エネは、来年にはシェア50%に達する可能性有り
- 原子力とフレキブルガス発電は、再エネとせめぎ合い、再エネ比率が80%水準で頭打ちになる可能性有り

# 本日のアジェンダ：

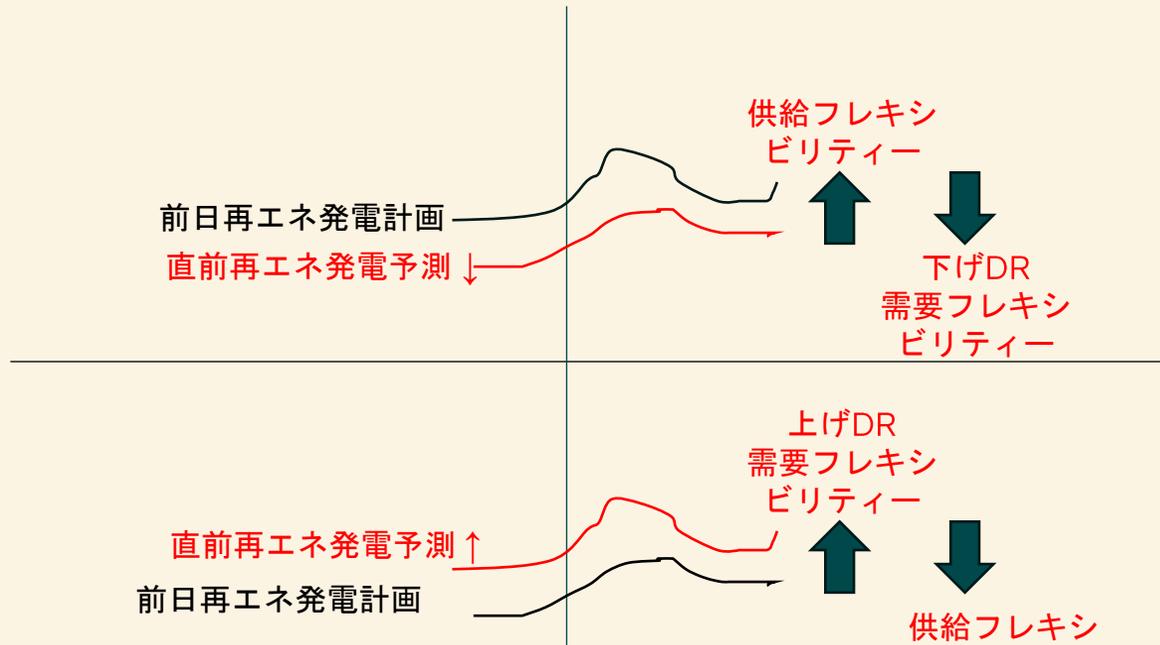
- 1) 欧州エネルギーミックスの現状と見通し
- 2) フレキシビリティについて
- 3) 欧州の直近の2つの制度・ルール変更
- 4) デジタルフレキシビリティ事例紹介



# 1) フレキシビリティー電源について：



1a) 供給側  
フレキシビリティーの強化



1c) 負荷追随性強化  
のための  
市場設計とルール整備

1d) フレキシビリティー強化  
のための  
デジタル化環境整備

1b) 需要側  
フレキシビリティーの強化

# 1a+1d+1c) 供給側フレキシビリティ

～ 供給ポートフォリオの上げ下げ=>対負荷最適化対応の必要性

1a)供給側 vOlue  
フレキシビリティ

1c)市場設計  
ルール整備

1d)デジタル化  
技術環境

需要側  
フレキシビリティ



気象依存  
間欠電源  
(変動と不確定性)



系統用蓄電池



陽水発電



一般水力



ガス・油エンジン



各種大型火力



CCGT  
石炭  
バイオ

応答俊敏性

# 1b+1c) 需要側フレキシビリティ (DR)

～ 需要ポートフォリオの上げ下げ

デマンド・レスポンス (DR)



BTM蓄電池



大口需要家負荷設備

供給側 vOalue  
フレキシビリティ

1c)市場整備  
ルール設計

デジタル化  
技術環境

1b)需要側  
フレキシビリティ

## ローカルエリア エネルギーコーディネーション



# 需要側フレキシビリティー (DRデジタル構成)



## 1 BENEFITS 効用

Aggregators use a centralised IT system to remotely control the DERs and optimise their operation.

They can provide:

- Load shifting 負荷のシフト
- Balancing services to TSOs TSOへの需給調整
- Local flexibility to DSOs DSOへのローカルフレキシビリティー

デジタル技術で  
フレキシビリティーを統合管理：

- 需要抑制 (下げDR)
- 需要創出 (上げDR)
- 負荷時間帯シフト
- 電力トレーディング
- EV充電
- 住宅屋根置き太陽光販売時間

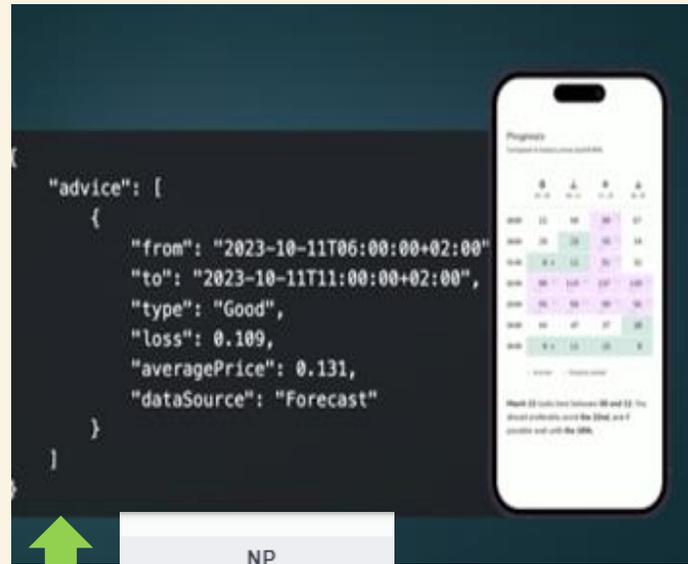
# 1b+acd) 配電需要側ご近所フレキシビリティ

1a)供給側 value  
フレキシビリティ

1c)市場設計  
ルール整備

1d)デジタル化  
技術環境

1b)需要側  
フレキシビリティ



スマホでEVの充電状況 (SOC)や、蓄電推奨時間をサービス事業者が提供。



## ローカルエリア (ご近所) エネルギーコーディネーション

NP
NO
NO1 NO2 NO5
NO3 NO4

ノルウェーNordpool  
電力市場東部NO1  
地域スポット価格予測

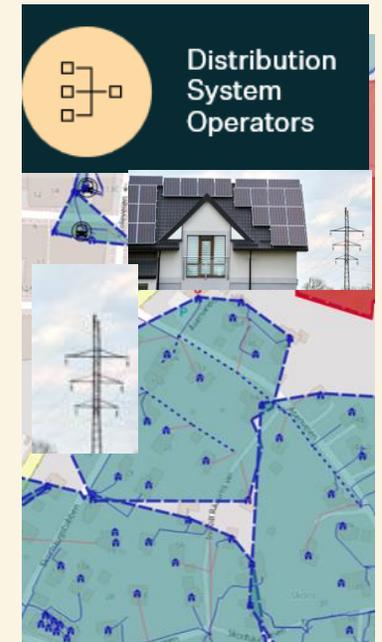
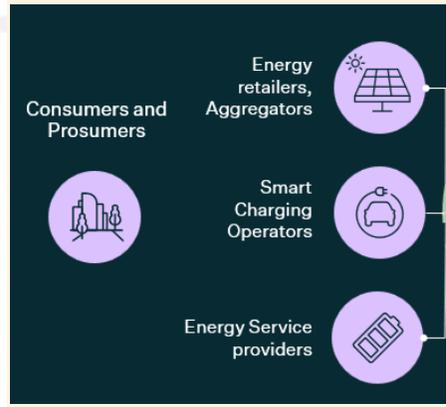


7-dagers spotpris-prognose

Estimerte spotpriser for Røddebakken 13. Nettleie er ikke inkludert.

	00-06	06-12	12-18	18-24
I dag 19.12	19 øre	39 øre	33 øre	52 øre
I morgen 20.12	66 øre	80 øre	92 øre	92 øre
Thursday 21.12	64 øre	79 øre	75 øre	73 øre
Friday 22.12	52 øre	77 øre	80 øre	81 øre
Saturday 23.12	57 øre	73 øre	83 øre	81 øre
Sunday 24.12	67 øre	73 øre	78 øre	70 øre
Monday 25.12	49 øre	61 øre	70 øre	65 øre

■ Lav pris ■ Høy pris



# 1c+1d) 市場設計・ルール整備 (イントラデイ活性化)

供給側 value  
フレキシビリティ

ドイツのEPEX-Spot市場とノルウェーのNordpool電力取引所では、「再エネの間欠性、即ち、変動制と不確実性の解決策」として、のイントラデイ（時間前）市場の役割を一丁目一番地として強調している。

1c)市場設計  
ルール整備

1d)デジタル化  
技術環境

需要側  
フレキシビリティ

和訳：

## Intraday market

再エネ間欠発電の増加により、前日スポットGC後の需給バランスを取ることがよりチャレンジングになってきている中、イントラデイ市場取引への関心が過去に無く高まっている。

With Nord Pool you can trade in intraday markets across 14 countries. The intraday market works together with the day-ahead market to help secure the necessary balance between supply and demand, as you can trade closer to the physical delivery within the intraday markets.

With the increasing amount of renewable intermittent production, interest in trading in the intraday markets is increasing, as it becomes ever more challenging for market participants to be in balance after the closing of the day-ahead market.

ノルドプール  
電力市場  
(14か国)

1996年統合設立

EPEX  
SPOT  
電力市場  
(13か国)

epexspot  
2008年統合設立

### Intraday markets: the performant industry leader

The Intraday markets of EPEX SPOT cover CWE, Great Britain, Switzerland, the Nordics and Poland. Intraday markets are mainly used for:

- Plan generation and adjust purchases & sales closer to delivery
- Managing forecast errors or unforeseen events
- Adjusting from hourly positions to finer granularities (30 min or 15 min)
- Offering flexible generation as a substitution for renewables
- Enabling cross-border arbitrage and trading

和訳：

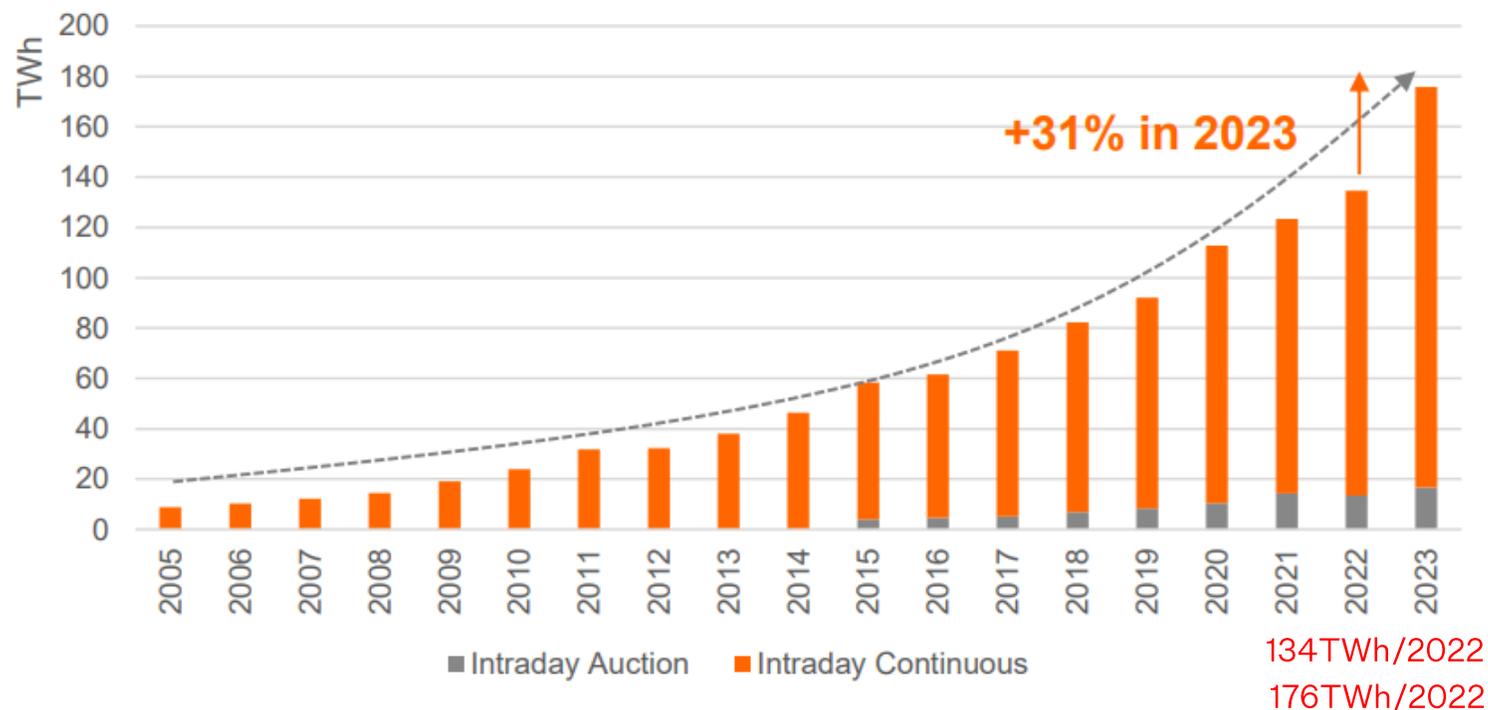
イントラデイマーケットは、主に次の  
目的で主に使われている：

再エネ電源を補うフレキシビリティの出し手として

# 補足資料 1) EPEX-Spot イントラデイ商品拡大の軌跡 (2004年~2023年)

EPEXのイントラデイ取扱量: 2004~2023(TWh)

EPEX SPOT intraday volumes



## イントラデイ取引拡大を支える アルゴリズムトレーディング

Volueのアルゴリズムトレーディングソフトウェア (VATP) の2022年のEPEXシェアは28%の37 TWh。

アルゴトレーディング  
ソフトウェアシェア  
欧州EPEXの時間前市場で



# 補足資料2) EPEX-SPOTイントラデイオーダー数の増加とAPI利用の拡大

Number of orders growing faster than volumes: More smaller trades

EPEX Daily average number of orders submitted (in millions per day)

(単位：百万)

EPEXの一日平均オーダー数推移 (単位：百万)

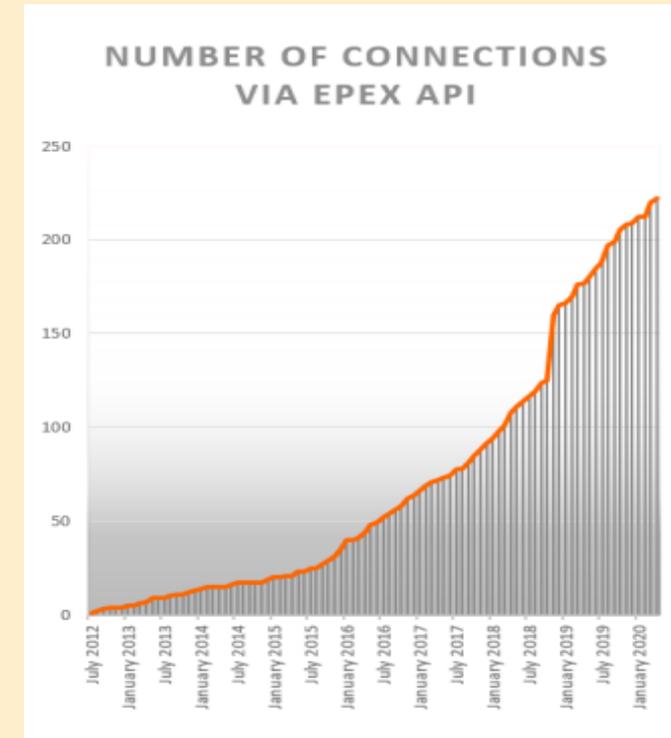
EPEXの一日当たりのオーダー数は、取引量以上に伸びている。即ち、少額のトレードが伸びている。



アルゴトレーディングを支える  
API連系デジタルインフラ

API連携：

約300のEPEX会員の殆どが、EPEXが提供していたComTraderからソフトウェアを利用したAPI連携に切り替えている。



Note : The data on intraday trading in the Nordics and Central Europe shown here has been gathered from a range of different sources where the annual reports of EPEX and Nordpool has been the most reliable (Nordpool changed the way they count volumes in 2020 which also complicates things). Therefore, please consider this data as illustrative reference only.

## 補足資料3) Nordpoolのイントラデイ市場拡大の軌跡（2004年～2022年）

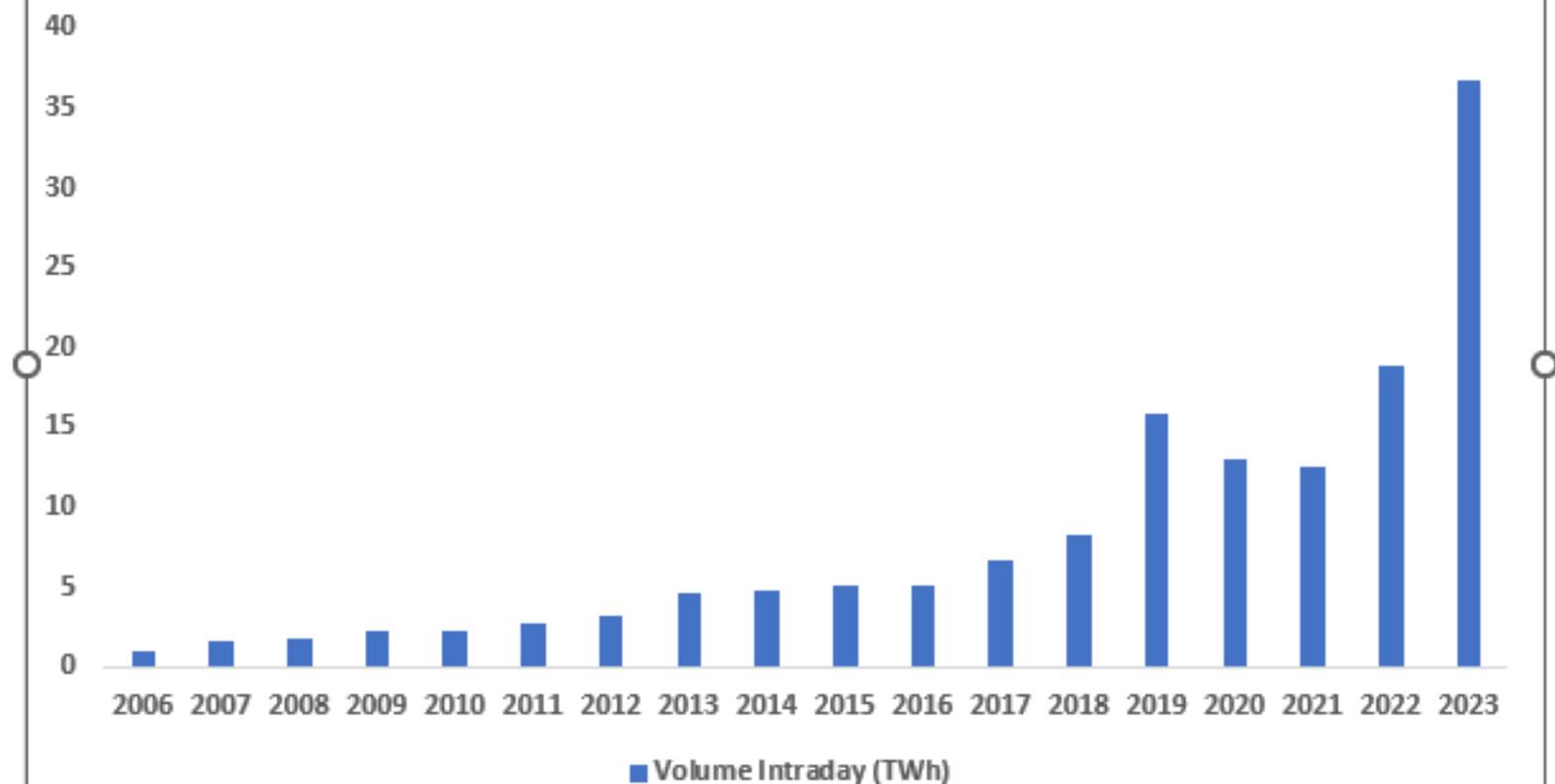
NordpoolのIntraday（時間前）市場は、2023年に特に大きく伸びている。

水力発電が豊富な北欧諸国は、フレキシビリティについて物理的供給の最適計画化で十分と  
考えていたが、「市場価格ベースの発電計画最適化と自動・アルゴトレード」の浸透を見て、

北欧の電力事業者が一斉に  
Volatilityの収益化に舵をきった。

Nordpool Volumes are slower:

Nordpool Volume Intraday (TWh)



イントラデイ取引拡大を支える  
アルゴリズムトレーディング

Valueのアルゴリズムトレーディング  
ソフトウェア（VATP）の2022年の  
Nordpoolシェアは45%の16Twh。

# 補足資料4) 欧州における国別の時間前市場伸び率 (オークションとザラ場)

欧州の時間前市場では、オークションとザラ場共に取引量が急増している。

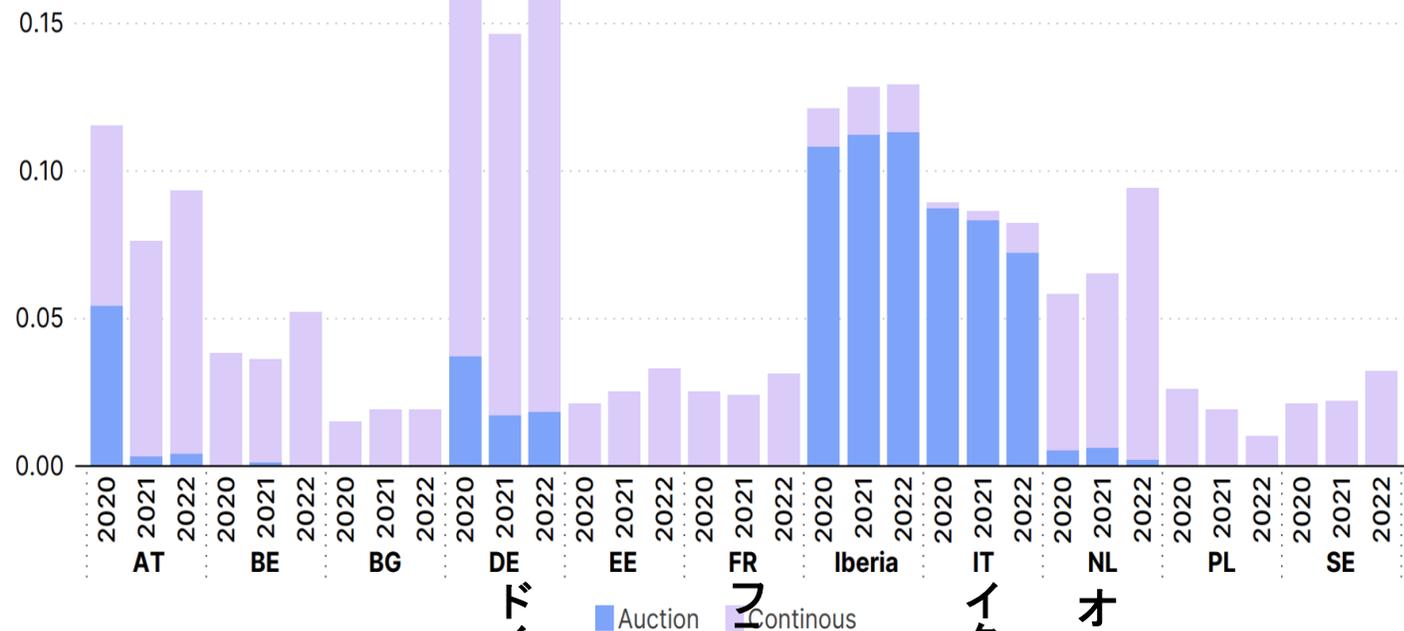
3回にオークションを統一  
(2024年6月より)



DA	IDA1	IDA2	IDA3
<ul style="list-style-type: none"> <li>12:00 D-1</li> <li>Day-Ahead</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>15:00 D-1</li> <li>All devlivery periods of day D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>22:00 D-1</li> <li>All devlivery periods of day D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10:00 D-0</li> <li>All devlivery periods of day D between 12:00 and 24:00</li> </ul>

Yearly churn factors in major European intraday markets by type of trade – 2020–2022

青グラフ：オークション  
薄紫グラフ：ザラ場

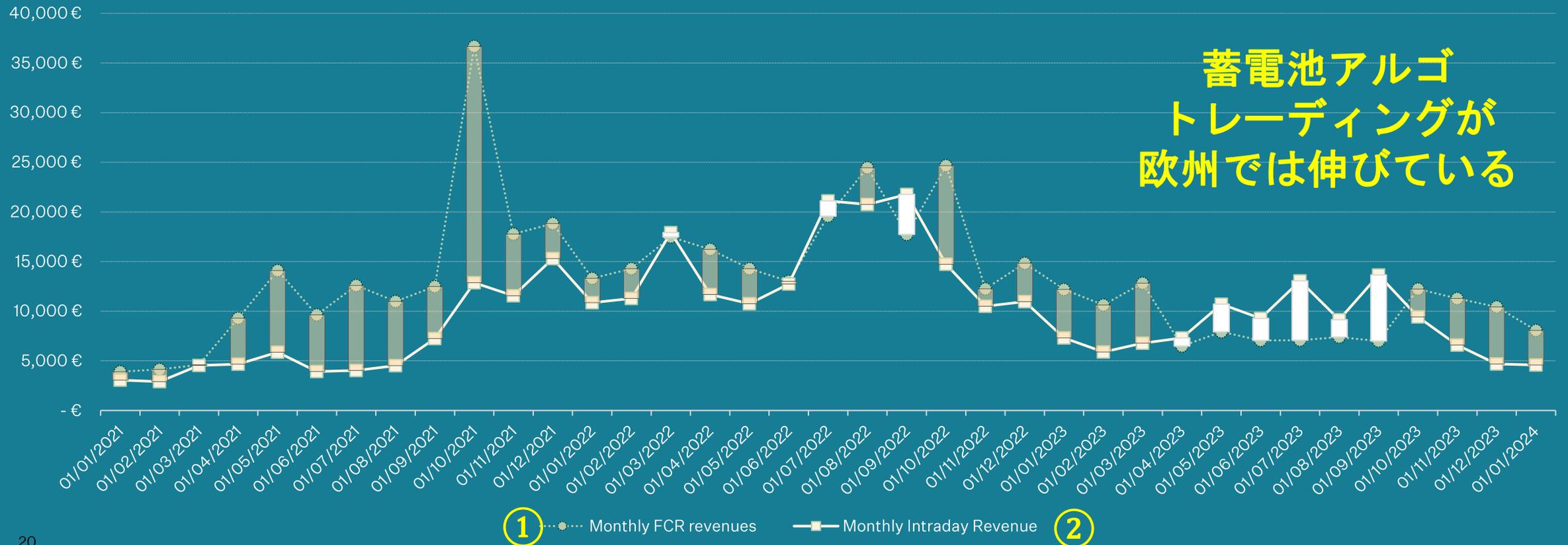


ACER 2023, Progress of EU electricity wholesale market integration – 2023 Market Monitoring Report

# 補足資料5) 欧州では系統用蓄電池事業者による時間前取引利用が伸びている。

## ①FCR一次調整力月間収入と②イントラデイの月間収入比較)

Monthly revenues for FCR per +/- 1 MW and for Intraday for +/- 1 MWh



# 本日も説明の内容：

- 1) 欧州エネルギーミックスの現状と見通し
- 2) フレキシビリティーについて
- 3) 欧州の直近の2つの制度・ルール変更
- 4) デジタルフレキシビリティー事例紹介



## ① Pan-European Intraday Auction(IDA)について (市場設計とルール整備)

ヨーロッパで国ごとに既にあったイントラデイオークションは、ドイツを除き全体的に流動性が低かったため、今年6月に、ヨーロッパの38エリア(イギリス・スイスを除く)を網羅する **Pan-European Intraday Auction (IDA)**が導入された。EUは、再エネのもたらす不確実性に対するIDAの必要性を強く主張している。

### The future electricity intraday market design ~イントラデイ市場の将来設計

(以下抜粋)



Forward looking, we believe that a higher share of renewable energy sources (RES) with their inherent short-term uncertainty, in combination with the introduction of a flow-based grid representation for the intraday time frame and the need to introduce non-standard products with finer time granularity, will render intraday auctions indispensable. This trend may be further reinforced if a bidding zone review would lead to smaller zones. Auctions may also foster participation of new and smaller market participants, which seems essential in a world of growing shares of decentralized renewable generation. Hence **the key question is not if auctions need to be introduced, but rather when to introduce them and how many are needed.**

EUROPEAN COMMISSION

Directorate-General for Energy  
Directorate B — Internal Energy Market  
Unit B2 — Wholesale markets; electricity & gas

## A) 欧州統一時間前オークション (IDA)制度の導入により期待されるメリット:

- 時間前取引の流動性の向上と、それによる再エネ間欠電源に対するbalancing効果の向上。

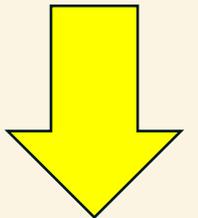
As renewable intermittent production such as solar energy increases, market participants are becoming more interested in trading in the intraday markets. This is because it has become more challenging for market participants to be in balance (i.e. supplying the correct amount of energy) after the closing of the day-ahead market.

- エリア間送電容量の算定方式の統一と送電容量の配分を調和し、適切な価格シグナルを生み出せる。
- クロスボーダー取引の機会増強に資する。



要すれば、より多くのオークションが開かれることで、流動性が向上し、時間前取引が増加するとともに、国境を越えた取引が増加することとなる。

制度変更



ルール変更

## B) 時間前オークションとザラバ方式時間前との間の、取引時間ルールの変更対応について:

ザラバ方式の時間前市場では先着順で容量が割り当てられるのに対して、時間前オークションでは、オークションへの入札ごとのマッチングと広域内の容量が同時に配分され、各プライスエリアの精算価格が決定する。

これにより、一日の中で時間前オークションが行われるたび(つまり一日3回)、ザラバ方式時間前取引はオークションの前後で最大40分間停止される。(ゲートクローズの20分前とオークションが行われている間の20分間)

C) 市場設計とルール変更に伴い、Valueが行った/行っている 欧州版Insightシステムの変更：

Valueは新ルールの導入に際し、まず初めに、時間前取引で最も流動性の高いドイツの価格予測モデルを調整した。

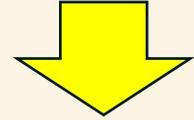
引き続き、ドイツ以外の欧州37エリア向けにも予測プラットフォームの調整を行っており、2024年末までに完了の予定。

Valueは、これまでのところ、38エリアで一日3度行われるオークションによって生み出される膨大なデータをInsight価格予測システムに格納し、それらに基づく1000以上の新たなカーブを作成した。

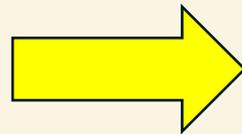
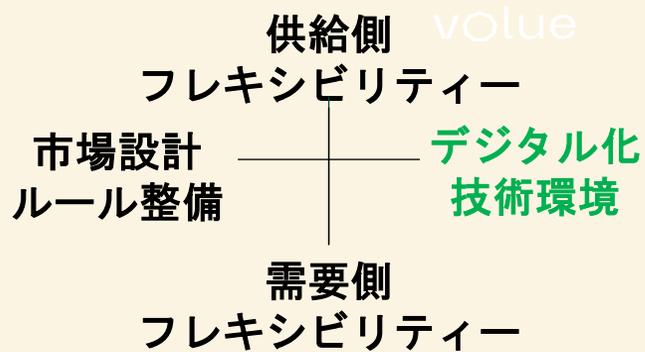
これにより欧州版 Insightシステムの利用者は、APIで上記追加各種データを取り込むことが可能となった。

Insight欧州版では、現状実績値のみを提供しているが、今後は各オークションの予測機能の開発を進める。

制度&ルール変更



デジタルシステム変更



「データの利活用環境」の一層の向上に向け、取り組みを継続中。  
(SaaSビジネスモデルの利点)

## ② Flow Based Market Coupling(FBMC)について (市場設計とルール整備)

FBMCは、ヨーロッパのプライスゾーンのcoupling processであり、接続容量を算定し配分される仕組みです。（日本では、OCCTOによるNTC方式で接続容量を算定）

2015年に西ヨーロッパ(CWE)で最初に導入され、2022年に東ヨーロッパ(CEE)と東南ヨーロッパ(SEE)に拡大されました。さらに今年の10月から北欧地域へ拡大が予定されています。

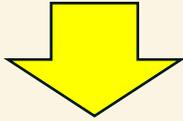
プライスゾーンのcouplingの要素として、稼働停止情報や発電量予測等のパラメータが考慮されており、それらのパラメータはflow-basedのドメインに集約され、プライスゾーンごとの制約が確定した上でmarket couplingが算定され、プライスゾーンごとの容量が配分されます。最終的な連系線の潮流は、ここで算出されたmarket coupling内の入札結果によって決定されます。

FBMCの導入により、欧州の電力市場の協調性が高まるとともに、欧州全体の再エネ発電の最適化・最大化が後押しされることとなります。

具体的には、FBMCの範囲内にある国同士の送電が促進され、結果として全体のコスト削減につながります。また、FBMC内の様々な容量に関連するデータが取得できることで透明性が高まるとともに、変動電源である再エネによる電力供給の管理に役立つこととなります。

日本では、各潮流の容量算定にはNTC方式がとられており、FBMCのようなマクロのアプローチではなく、OCCTOによって、それぞれのプライスゾーンの境界や連系の方向ごとに決められます。また、取得できるデータも限られているため、連系の容量算定において欧州とは大きく異なるのが現状です。

制度&ルール変更



デジタルシステム変更

### FBMCに関するValueの取組み

すでにFBMCが導入されているCWE、CEE、SEEにおいては、SpotExのモデル内で対応済みですが、この秋に導入される北歐向けのFBMCについては、過去7か月間、Internal Parallel Runとして内部テストと調整を続けて参りました。これにより、今年の10月に北歐向けのFBMCが開始されると同時に、予測される価格形成パターンの変化にも適応できる見込みです。

# 本日も説明の内容：

- 1) 欧州エネルギーミックスの現状と見通し
- 2) フレキシビリティーについて
- 3) 欧州の直近の2つの制度・ルール変更
- 4) デジタルフレキシビリティー事例紹介



# はじめに：デジタル技術/ソリューションの\*定義をしたいと思います。

デジタルサイエンスとは、**①データ**サイエンスともいえる。(DS Mediaより)

デジタルサイエンス(データサイエンスとも呼ばれます)は、大量のデータから価値ある情報を抽出し、分析し、解釈するための分野です。これにより、予測を立てたり、意思決定を支援したりすることができます①②。

DS Media  
by Tech Teacher

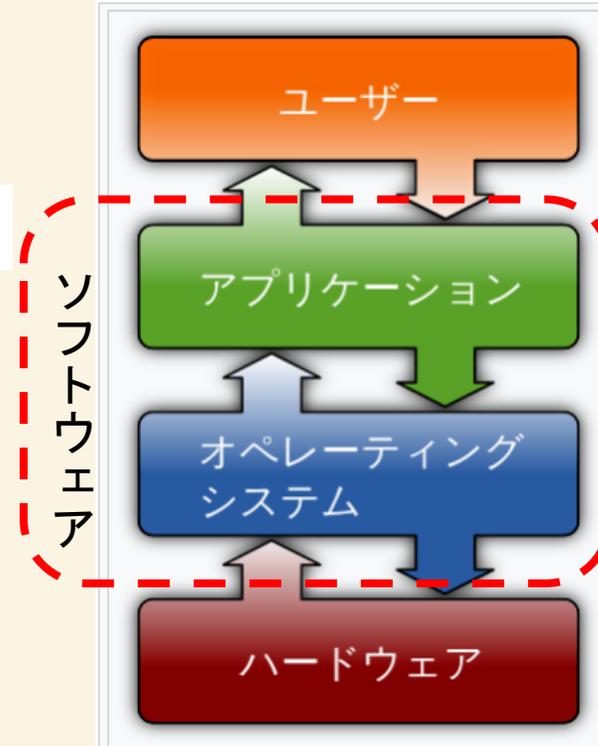
## データサイエンスの手順

1. データの収集
2. データの前処理
3. モデルの作成・分析
4. 結果の解釈とコミュニケーション

## データサイエンスが広まった背景

- デジタル技術の進化
- コンピュータ技術の向上
- 機械学習と人工知能の進歩
- ビッグデータの登場

② ソフトウェア (Wikipedia他より)

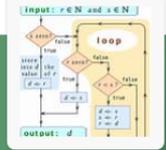


ソフトウェアの階層図。上からユーザー(人間)、アプリケーション、オペレーティングシステム、ハードウェア。通常はアプリケーションとオペレーティングシステムが「ソフトウェア」である。

③ 計算式

## アルゴリズム

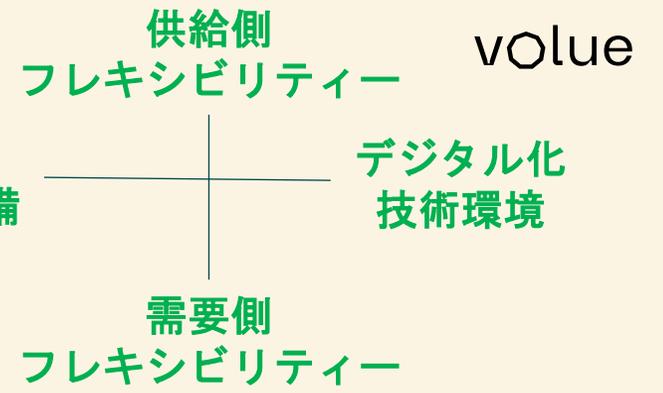
計算、およびその表現の一つ



アルゴリズムとは、解が定まっている「計算可能」問題に対して、その解を正しく求める手続きをさす。あるいはそれを形式的に表現したもの。実用上は、アルゴリズムの実行に要する記憶領域の大きさや完了までに要する時間が小さいこと、特に問題の規模を大きくした際に必要な記憶領域や計算量が急激に大きくならないことが重要となる。アルゴリズムの実行は形態によらない。コンピュータプログラムはコンピュータ上に実装された...

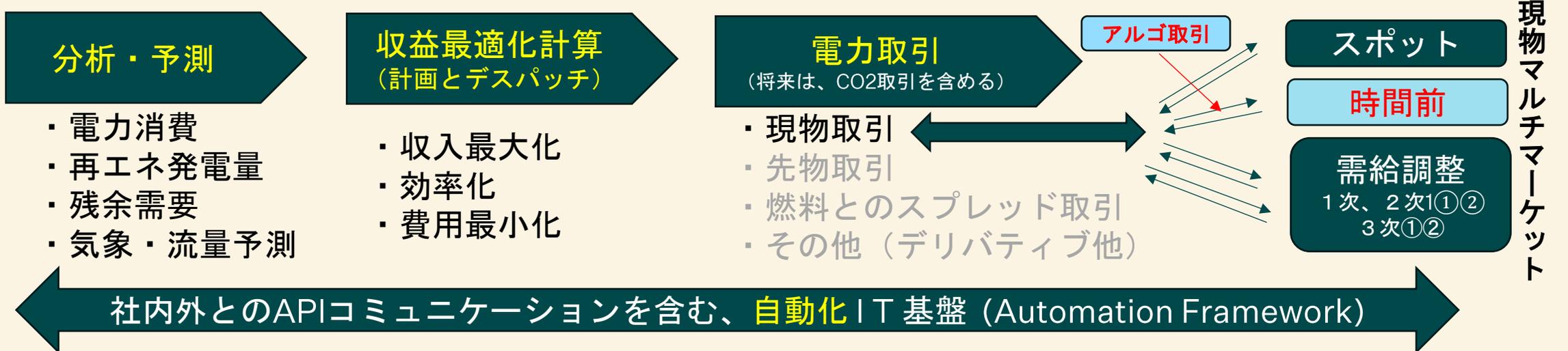
**\* デジタル技術とは、①+②+③と考えると漏れは無い様に思える。よってデジタル技術は、データと計算式とソフトウェアの3要素を持つものをデジタル技術と定義しました。**

# フレキシビリティ強化のためのデジタルソリューション事例の紹介



1) ここまで、再エネ電源の間欠性がもたらす変動制 (Volatility) と不確定性 (Uncertainty) 対策には、電源需給両サイドのフレキシビリティの活用が重要で、フレキシビリティの強化のために、欧州では「市場とルール設計・変更」と「デジタル技術の活用」が積極的に行われてきていることをご紹介して参りました。

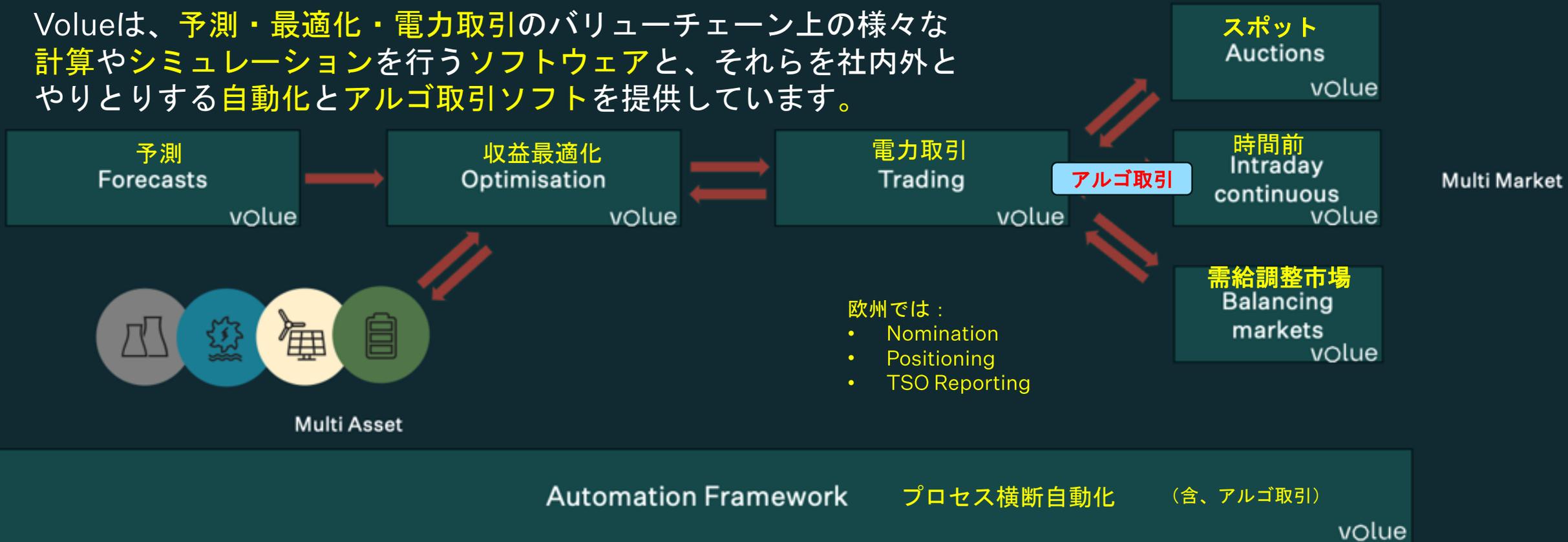
2) 最後に、データ・アルゴリズム (計算式) ・ソフトウェアを様々な形で組み込んで活用している**デジタルソリューション**について、下記の電力事業意思決定・運用プロセスに照らしながら、方法論や事例のご紹介をさせていただきます。



Valueの業務一貫デジタルソリューションは、フィジカルでファンダメンタルです。

Non-financial & Non-Mark to Market approach

Valueは、予測・最適化・電力取引のバリューチェーン上の様々な計算やシミュレーションを行うソフトウェアと、それらを社内外とやりとりする自動化とアルゴ取引ソフトを提供しています。



# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューションの具体例

(Valueの実用中事例より)

データ、計算式（アルゴリズム）、ソフトウェア  
の3観点でチェックして参ります。

# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューション事例紹介

(主に、Valueの欧州事例を用いて)

- 1-1) ファンダメンタル予測  
～需要、再エネ発電、雪解・降水流入量等
- 1-2) 価格予測  
～45日先、5年先、2050年先（欧州）
- 3) 発電収益最適化（短期、中期）  
～市場価格に対する最適化、負荷に対する最適化
- 4) 電力取引プロセス自動化
- 5) イントラデイ取引アルゴリズム

# ファンダメンタル予測領域：

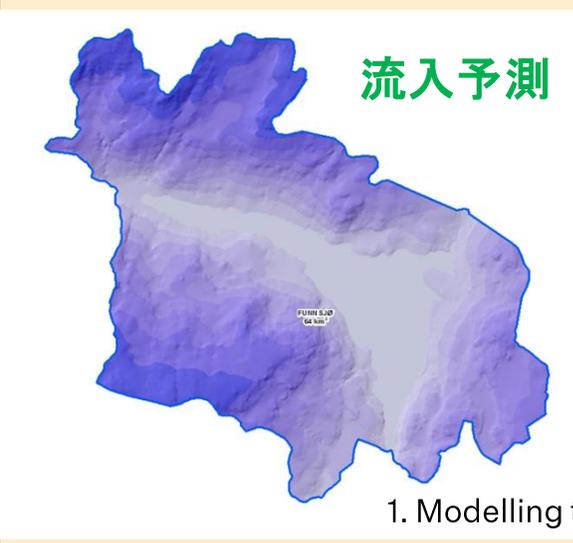
電力需要、太陽光発電量、風力発電量、残余需要、集水域への流入予測等。

# 予測方法（短期・中期）：

気象の複数生データと、そのコンビネーションに基づく、各種アナリスト意見と機械学習。その他確率論的分析。

（各種燃料、外国為替、設備群のメリットオーダー等）

推算方式：HBVモデルを下にプロジェクトを通じ完成

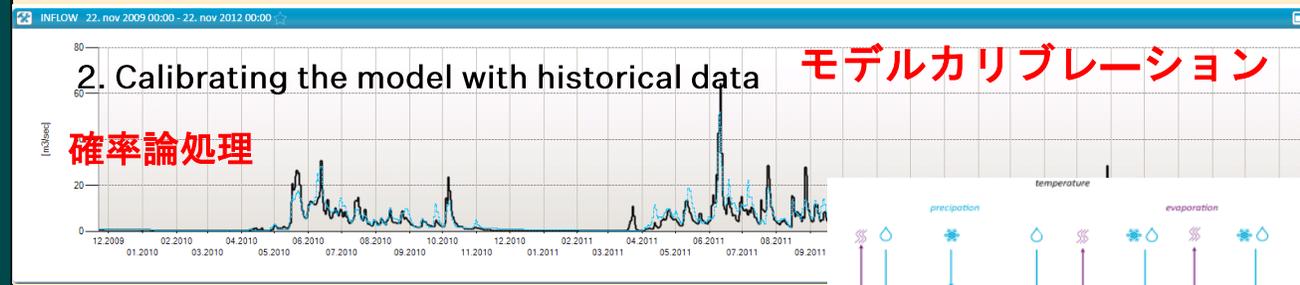


## 例：集水域のモデリング

VALUE	AREA	MIN	MAX	AggArea	Percent
1	8417110	439	442	8417113	13
2	4581600	443	464	12998718	20
3	6535480	465	498	19534203	30
4	6279260	499	533	25813461	40
5	6566060	534	574	32379525	50
6	6364700	575	609	38744225	60
7	6561670	610	655	45305892	70
8	6411370	656	700	51717261	80
9	6476720	701	759	58193986	90
10	6299040	760	927	64493031	100

気温データ

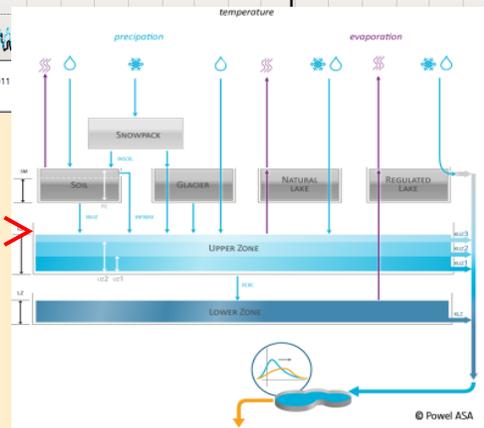
1. Modelling the catchment area



## モデルカリブレーション

最新降水量予測を初期値に代入

各所からの流入をソフトウェア上でモデル化=>



$$R^2 = \frac{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2 - \sum(Q_s - Q_o)^2}{\sum(Q_o - \bar{Q}_o)^2}$$

計算式

R2 基準に加えて、他の3つのタイプの誤差関数が一般的に使用  
 In addition to the R<sup>2</sup> criterion three other types of error functions are commonly used

累積差 Cumulative difference	$\sum(Q_o - Q_s)$
累積二乗差 Cumulative squared difference	$\sum(Q_o - Q_s)^2$
累積絶対差 Cumulative absolute difference	$\sum Q_o - Q_s $



地形データ

# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューション事例紹介

(主に、Volveの欧州事例を用いて)

1-1) ファンダメンタル予測

～需要、再エネ発電、雪解・降水流入量等

1-2) 価格予測

～45日先、5年先、欧州では2050年先（欧州）

3) 発電収益最適化（短期、中期）

～市場価格に対する最適化、負荷に対する最適化

4) 電力取引プロセス自動化

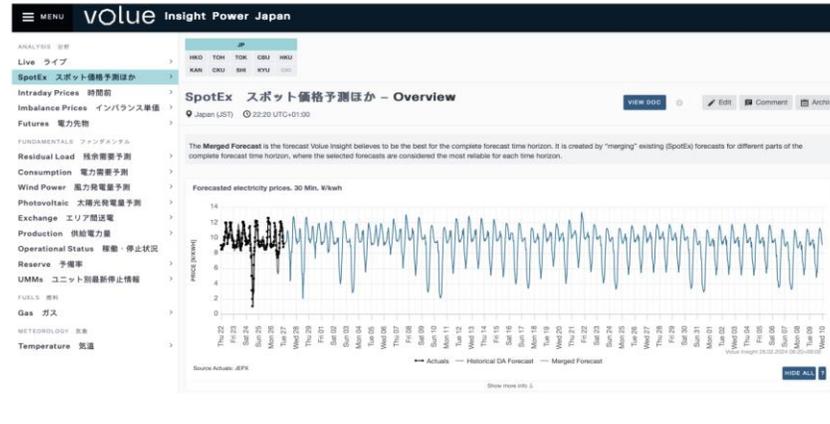
5) イントラデイ取引アルゴリズム

JP				
HKO	TOH	TOK	CBU	HKU
KAN	OKU	SHI	KYU	OKI

MENU		value In
ANALYSIS 分析		
Live ライブ		
SpotEx	スポット価格予測 (短期)	
Imbalance Prices	インバランス単価	
Futures	電力先物	
Forward	スポット価格予測 (中期)	
INTRADAY 時間前		
Intraday Prices	時間前市場	
Intraday Fundamentals	時間前ファンダメンタル	
FUNDAMENTALS ファンダメンタル		
Residual Load	残余需要予測	
Consumption	電力需要予測	
Wind Power	風力発電量予測	
Photovoltaic	太陽光発電量予測	
Exchange	エリア間送電	
Production	供給電力量	
Operational Status	稼働・停止状況	
Reserve	予備率	
UMMs	ユニット別最新停止情報	
FUELS 燃料		

## 短期予測

気象シナリオに基づくファンダメンタル予測および価格予測を包括的に、かつ可視化して提供します。

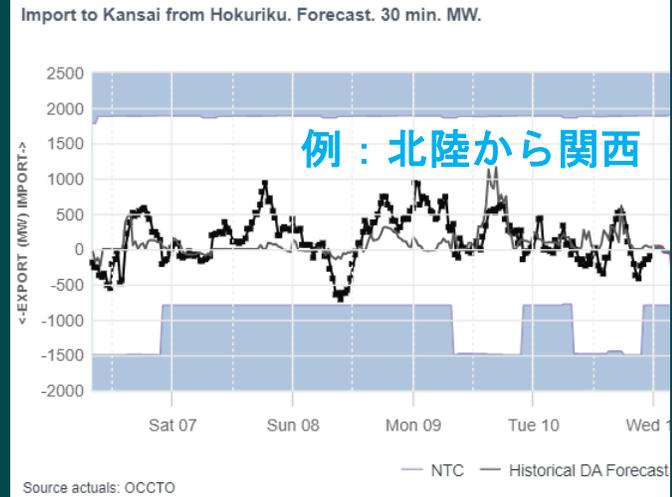


## 気象ドリブンアナリスト介入 機械学習モデル

### 主な特徴

- API経由で広範なデータセットにアクセス可能
- 毎時更新
- 予測粒度は30分単位
- 予測範囲は最大45日先
- 気象に基づくモデル
- 市場のモデル化における30年以上の経験と広範な顧客基盤

## 送電予測欧州モデルの改造 (市場分断予測)



## 中期予測 (new!)

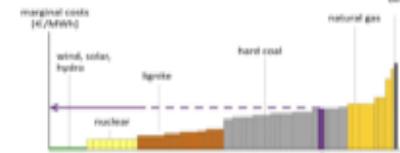
Valueの実績ある中期分析を活用し、今後複数年度にわたるポジショニングと契約に役立ててください。



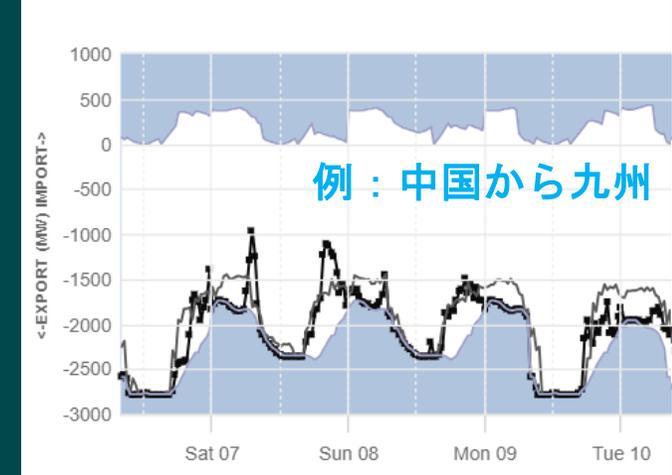
## メリットオーダー モデル&シナリオ

### 主な特徴

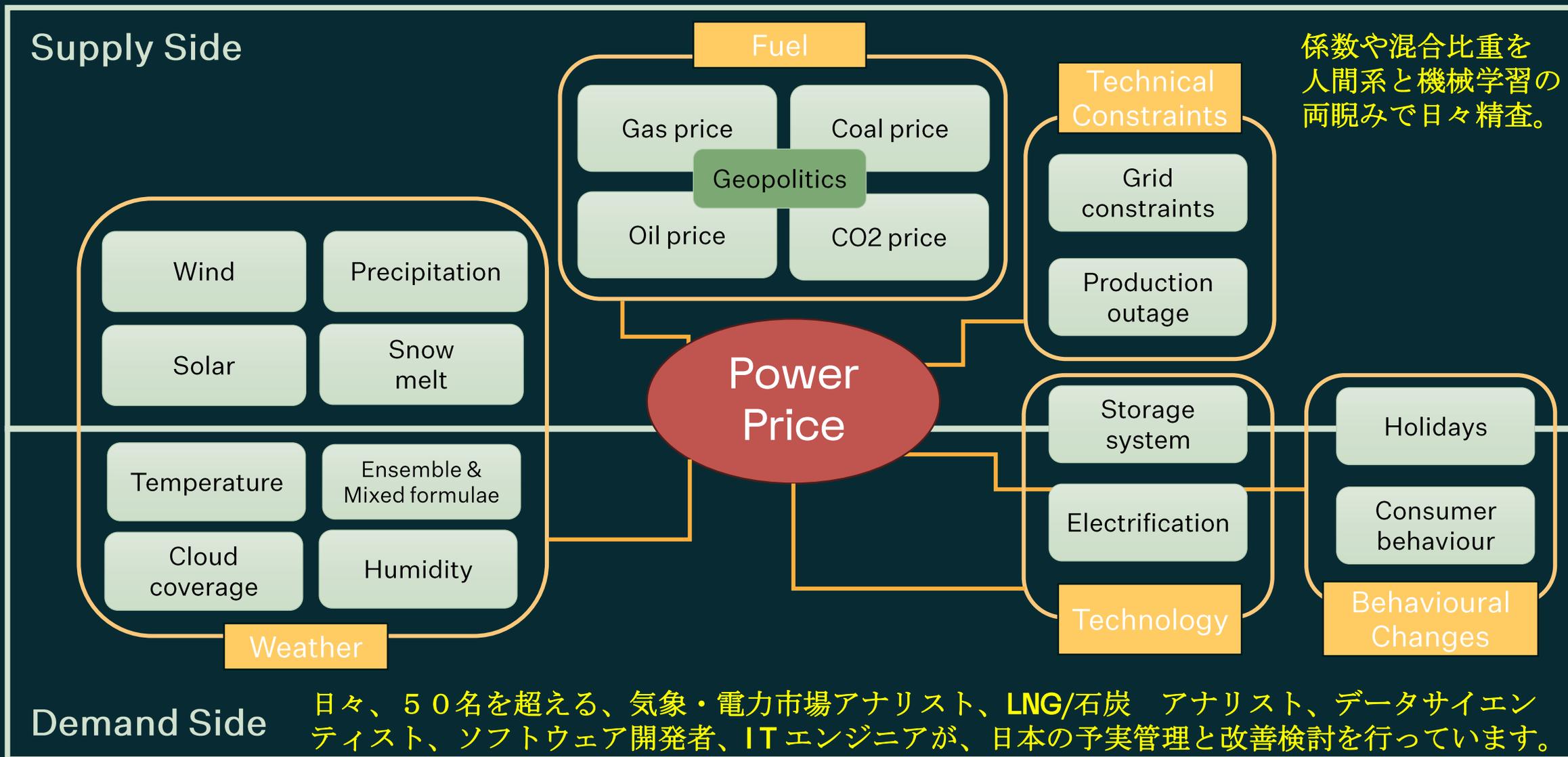
- API経由で広範なデータセットにアクセス可能
- 毎日更新
- 予測粒度は30分単位
- 予測範囲は5年間
- メリットオーダーに基づいたスタックモデルを採用
- 調達やヘッジングの意思決定に役立つ
- スポット取引と先物取引の両方に活用



Import to Kyūshū from Chūgoku. Forecast. 30 min. MW.



# 価格予測ロジックの一断面～継続改善プラットフォーム v01ue

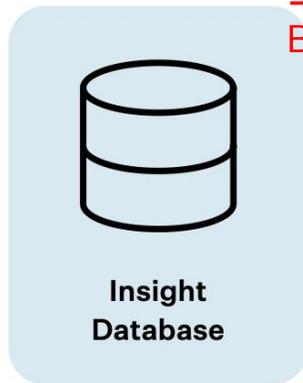


# デジタル技術連系：データ、モデル、シミュレーション、API通信、最適化、シミュレーション、Bid/Offerカーブ生成、機械学習他で構成。

お好みの方法でデータにアクセス可能

例：系統用蓄電池のオペレーションは、無人化・高速システムが事業性に不可欠

静的データ  
動的データ  
API連系  
パイソン対応  
エクセルアドイン  
BI目的活用



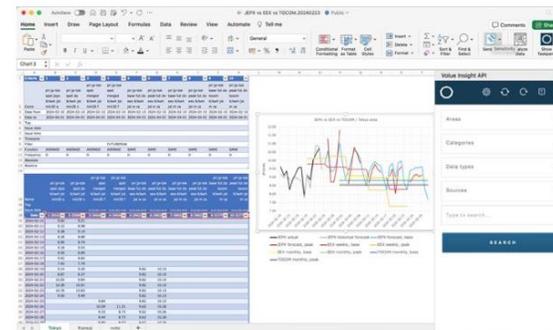
- ・ 予測および関連データは24時間365日更新
- ・ 使用目的に応じたデータアクセスの方法



Webサイト



APIインターフェース ~ ライブラリのWebページ



APIインターフェース ~ Excelアドイン

```

Example that reads data from up4i INSTANCE curves.
Can read multiple instances between two dates, saves each instance in separate
csv file as well as all instances to one csv file.
Multiple curves and multiple regions (for all curves) can be specified

import webi
import pandas as pd
import os

# INPUTS
#####
# Insert the path to your config file here!
My_config_file = 'path/to/your/config.ini'

# curve names to read, in this case ECRB price and PV forecasts
#curve_names = ['pri (region) spot ecrb C/mwh cet h r',
#               'pro (region) sav ecrb mwh/m cet min35 r']
curve_name = 'pro jp-tok and ecrb mwh/m [at min35 r]'
#pro jp-tok and ecrb mwh/m [at min35 r]

# regions to read INSTANCE curves
regions = ['JP-TOK']

# end of timelrange to consider issue dates (Excluded!), here we consider all
# issues until 1 hour
date_to = pd.Timestamp.now(tz='JST').floor('h')

# Start of timelrange to consider issue dates, here we consider all issues
# from 18 days before now
date_from = date_to - pd.Timedelta(days=18)

#####
# make data directory in the folder where this file is, if it does not exist
# Get the path of the directory where this file is
file_dir = os.path.dirname(os.path.realpath(__file__))
# Check if there is a "data" folder in this directory
data_dir = os.path.join(file_dir, 'data')
    
```

APIインターフェース ~ Python

# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューション事例紹介

(主に、Volveの欧州事例を用いて)

- 1-1) 予測（ファンダメンタル予測）  
～需要、再エネ発電、雪解・降水流入量等
- 1-2) 予測（価格）  
～45日先、5年先、欧州では2050年先まで
- 3) 発電収益最適化**  
～市場価格に対する最適化、負荷に対する最適化
- 4) 電力取引プロセス自動化
- 5) イントラデイ取引アルゴリズム



# 「Smart Power」の現在の完成形

value

## 最適化対象 「発電ポートフォリオ」

- 対負荷最適化
- 対価格最適化
- シミュレーション

Multi-ASSET

Multi-MARKET

各種火力・風力・水力・蓄電池・揚水・太陽光他。



先物

スポット

調整力

時間前  
(イントラデイ)

等



# マルチアセットの収益を、マルチマーケットに対し最適化： (エンド・ツー・エンドの完成済ソフトウェアアーキテクチャ)

太陽光・風力発電

Solar/Wind



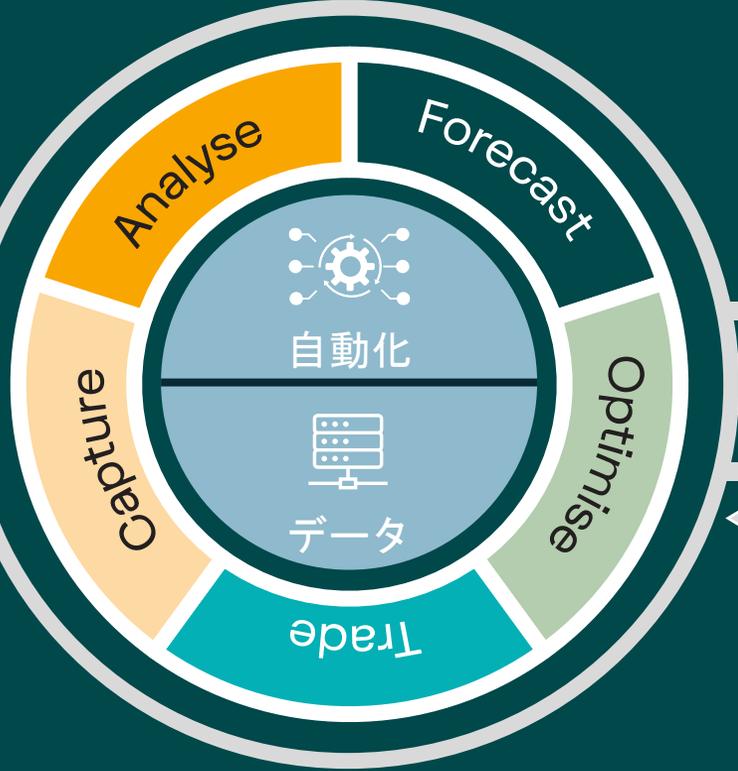
複数電源 <====> 複数市場

時間前市場 (イントラデイ)



水力発電

Hydro



需給調整力市場

Balancing Markets

翌日スポット市場



蓄電池



Batteries



火力発電

Thermal

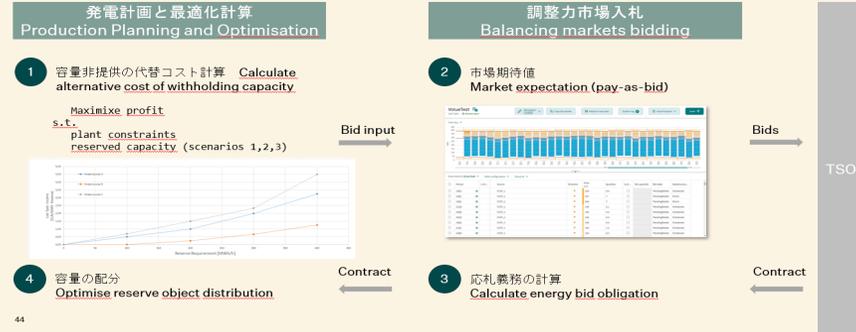
分析=>予測=>最適化=>電力  
取引=>データ捕捉のサイクル



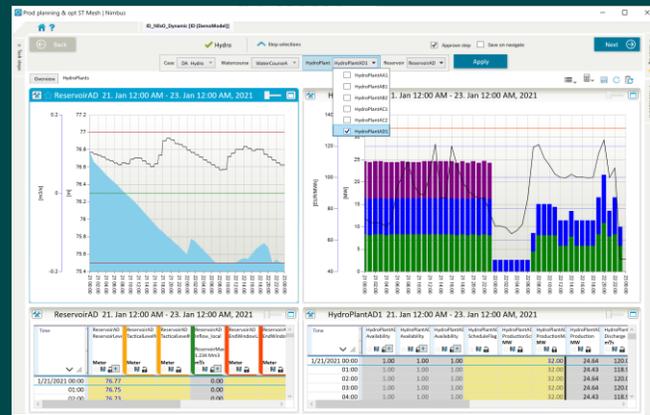
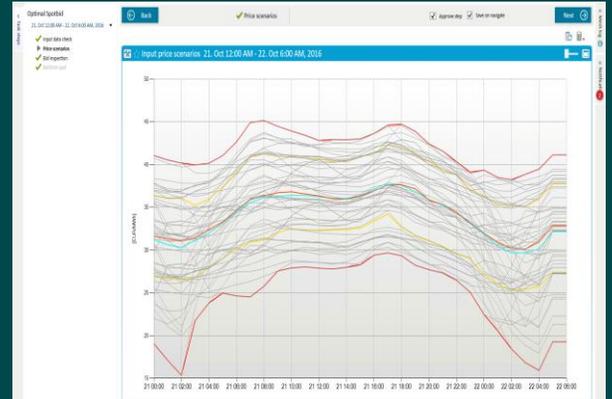
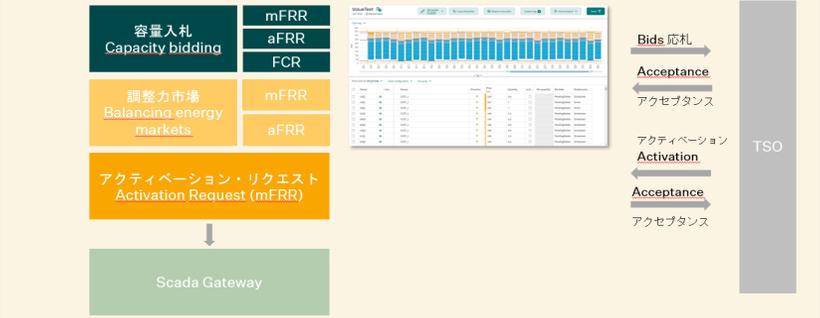


# ユーザーは、全て設定が容易でテンプレートが豊富な画面を簡単に作成可能 (アルゴリズムやソフトウェアを気にせず利用可)

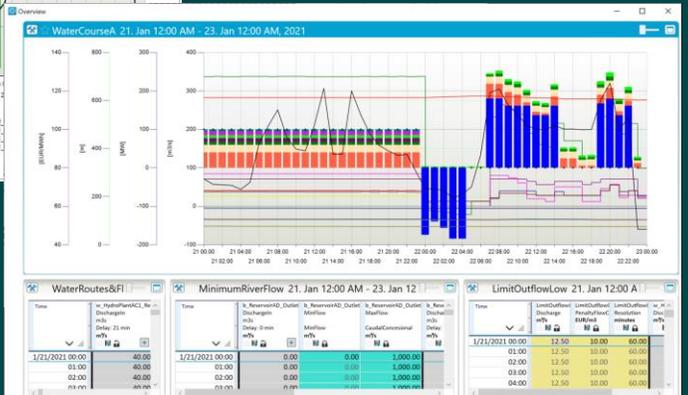
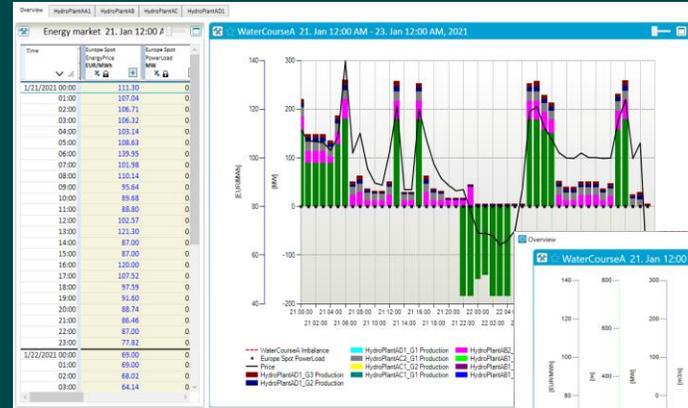
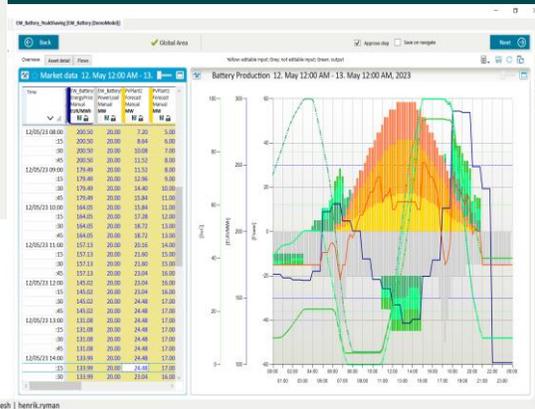
## 1 容量市場入札方法 Bidding in capacity markets



## Valueの調整力価格作り、ビッド生成、アクティベーションソリューション Value have solutions for pricing, bidding and activation in balancing market

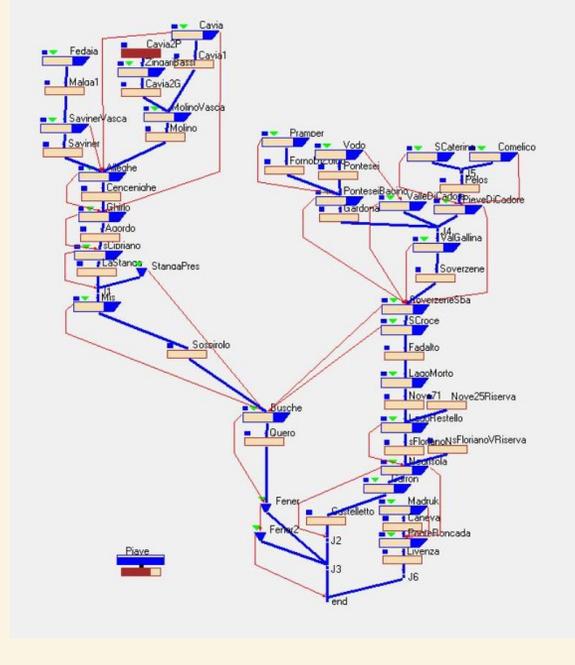
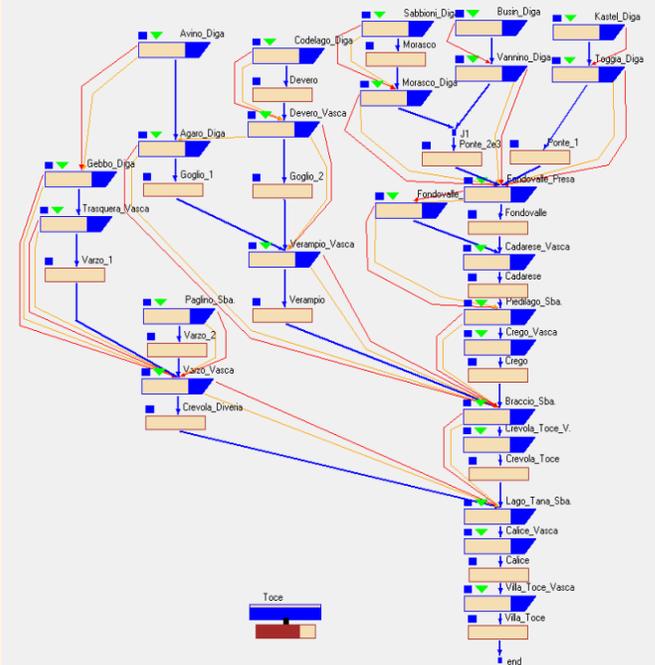


## 各種User Interface例



# 事例：欧州最大級電力事業者が全発電ポートフォリオを一括最適化 value

## Enel 社～火力、水力、再エネの発電ポートフォリオ(30GW)を最適化



発電ポートフォリオ詳細＝下記ご参照

Enelのポートフォリオ 30 GW Enel portfolio:

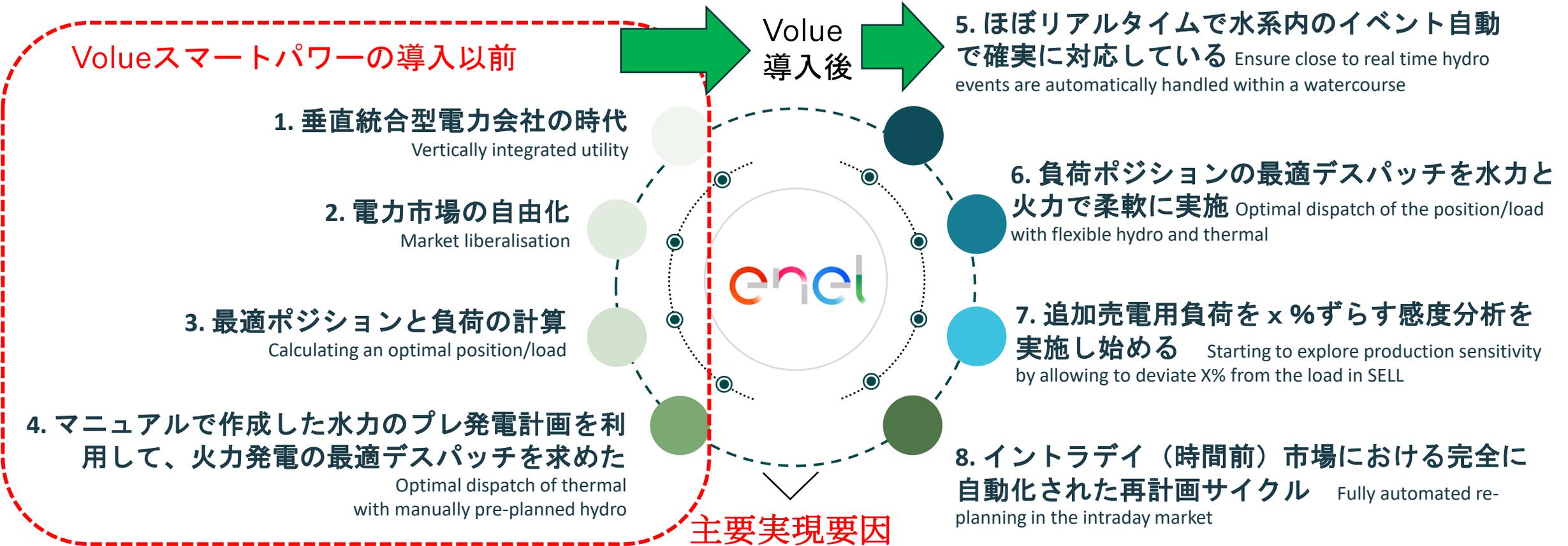
- 火力41基 41 thermal power plants (GGCT, Coal, CHP...)
- 貯水池式水力 200 基 200 flexible hydropower plants
- 河川式水力 300 基 300 Run of River hydropower plants
- 大型再エネ発電ポートフォリオ Large renewables portfolio



収益の最大化と安全操業

Maximize revenue and operate in a safe manner

# 欧州旧垂直統合型大手電機事業者と歩んだ全社計画業務DX化の道のり



- 複数発電アセットの完全サポート  
Full multi asset support
- 電力取引と発電デスパッチに共通ソフトを活用  
Same software for trading & dispatch
- 市場や技術（蓄電池等）の変更に柔軟に対応  
Flexible to market/technology changes
- 複雑系のシンプル化  
Simplifying complexity
- 物理的な複雑性と詳細制約の取込み  
Physical details & possibility to constraint
- 年月をかけ自動化に取り組んできた成果  
Born to Automation

# 複数発電アセットの義務負荷に対する最適化 (デジタル度合)<sup>value</sup> :

制御センター (コントロールルーム)



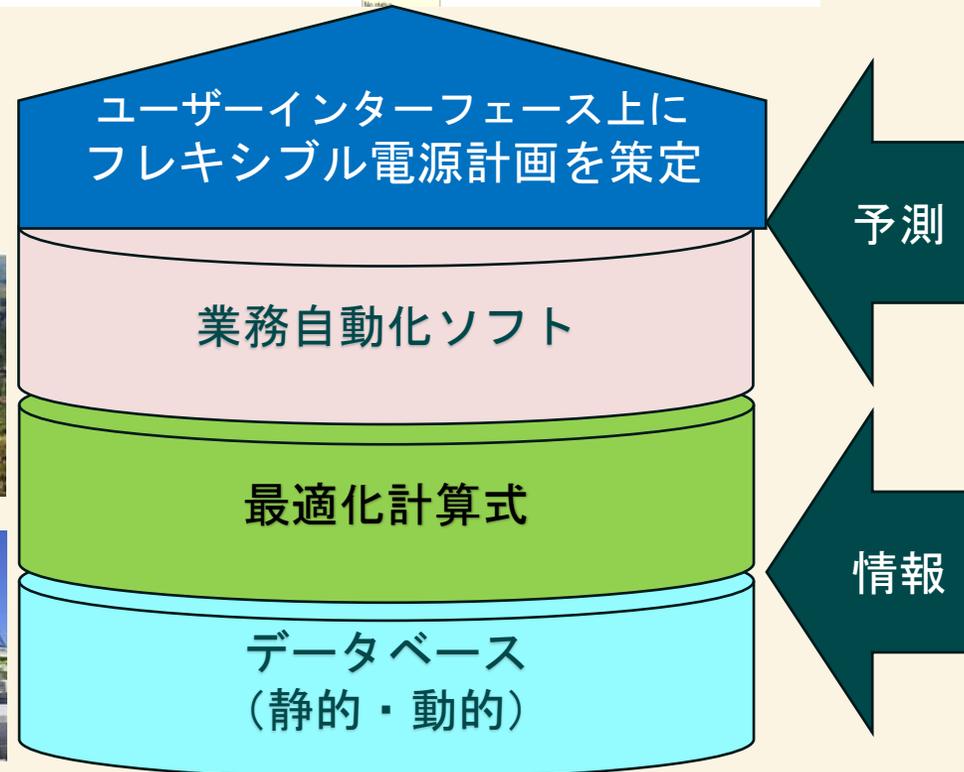
**最適解** : 黒ポツ (・) の必要負荷供給を最も安価に充足できる発電ポートフォリオ



## デジタル要素群 :

大量データ (静的・動的)  
 複数ソフトウェアモジュール  
 最適化・シミュレーション、  
 アルゴリズム、自動化等

**供給設備属性データ :**  
 蓄電池、揚水発電、  
 バイオ発電、ガス発電等



## 気象由来ファンダメンタル予測 :

- 電力需要予測
- 太陽光発電予測
- 風力発電予測
- ダム・河川水流予測
- 連系線容量推移予測
- 各種化石燃料価格指標
- 設備稼働・停止・緊急情報

## 電力市場価格予測・実推移 :

- DAスポット市場
- 需給調整市場
- インバランスペナルティー
- イントラデイ (時間前) 市場

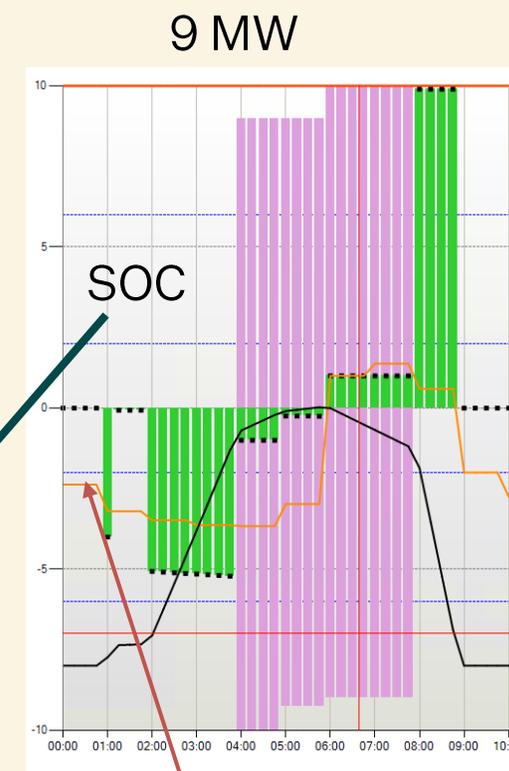
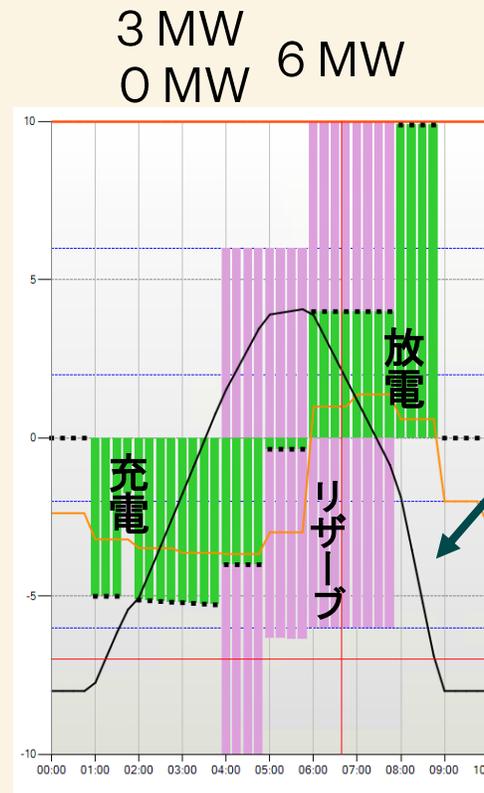
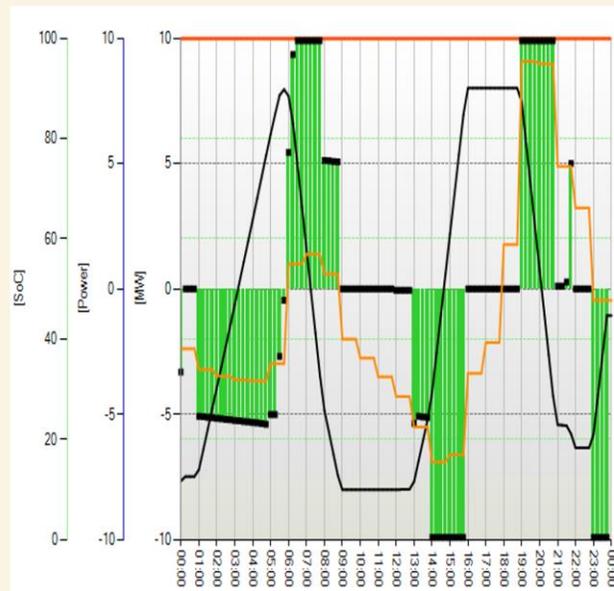
# 機会コスト計算に基づく蓄電池最適運転計画策定事例

## リザーブキャパシティを考慮した、最適化オペレーション収益計算システム

### 蓄電池最適化事例

#### Model parameters: Losses

- Losses are due to heating
- Efficiency maps as input for charging and discharging  
Represented as table (SoC, pGrid, pBatt)
- Allows for modeling non-linear (convex) losses, and losses which vary with SoC



蓄電池のパフォーマンス管理  
台数制御、頻繁な最適化計算

#### 蓄電池のリアルタイム劣化シミュレーションと収益算定

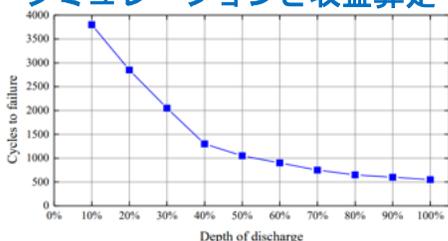


Fig. 1 Cycles to failure for a BESS with different DOD from experiment data supplied by the manufacturer

DoD	Cycles	Energy throughput loss compared to 20% cycles
20%	3800	1
40%	1300	0,92
80%	600	0,8

(Smart Powerより)

Insightスポット  
価格予測データ

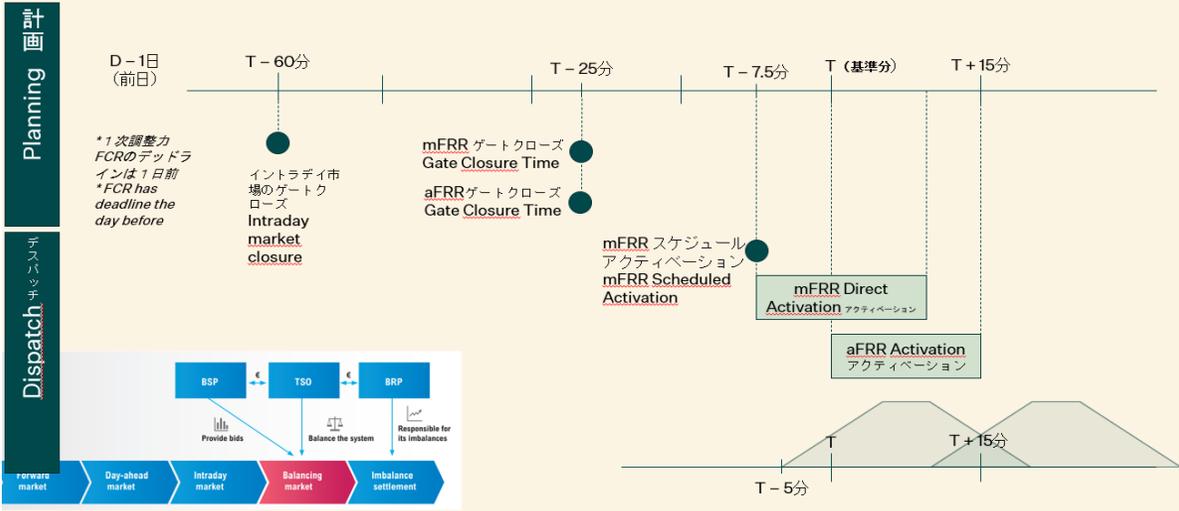
# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューション事例紹介

(主に、Volveの欧州事例を用いて)

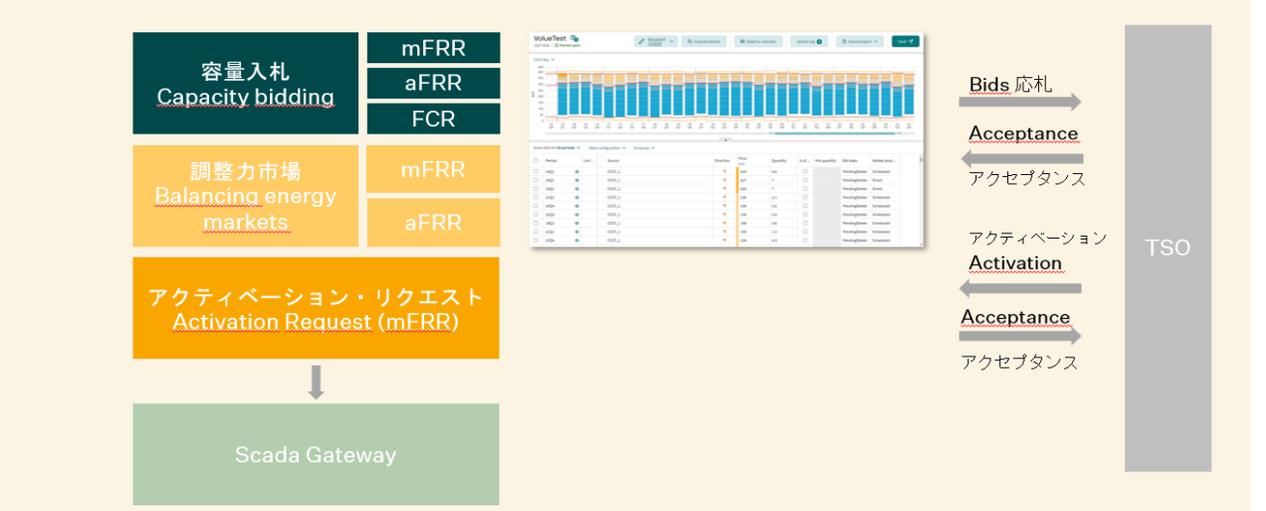
- 1-1) 予測（ファンダメンタル予測）  
～需要、再エネ発電、雪解・降水流入量等
- 1-2) 予測（価格）  
～45日先、5年先、欧州では2050年先まで
- 3) 発電収益最適化（短期、中期）  
～市場価格に対する最適化、負荷に対する最適化
- 4) 電力取引プロセス自動化
- 5) イントラデイ取引アルゴリズム

# 実需給直前までの大量の電力取引を支える デジタル・ITシステム

## イントラデイと調整力市場の取引プロセス Intraday and balance market process



## Valueの調整力価格作り、ビッド生成、アクティベーションソリューション Value have solutions for pricing, bidding and activation in balancing market

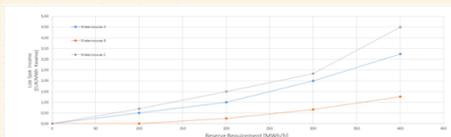


## 1 容量市場入札方法 Bidding in capacity markets

### 発電計画と最適化計算 Production Planning and Optimisation

1 容量非提供の代替コスト計算 Calculate alternative cost of withholding capacity

Maximize profit  
s.t.  
plant constraints  
reserved capacity (scenarios 1,2,3)



4 容量の配分 Optimize reserve object distribution

### 調整力市場入札 Balancing markets bidding

2 市場期待値 Market expectation (pay-as-bid)

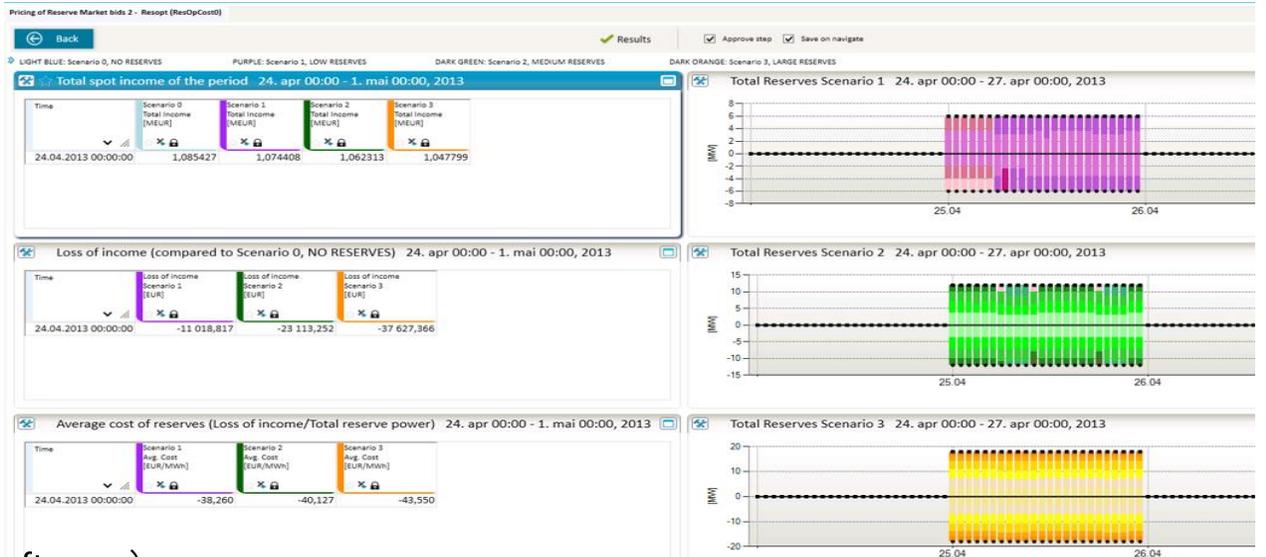


3 応札義務の計算 Calculate energy bid obligation

Bids →

← Contract

TSO



出展: Value (Smart Power Optimization & Production Planning software)

# 電力自動トレーディングとポジション管理のデジタル化

欧州各市場に適合可能な自動トレーディングツール（顧客システムとの連携で利用）：

## 全契約情報の取り込み（フィジカル取引）

- 完全自動化
- トラブル対応容易



## キャパシティ・マネジメント

複数TSOへのNomination通告（日本ではOCCTO一本にて全機能は不要）

欧州ではTSOから相対契約先の情報が通知され、システム上、齟齬が確認された場合相手先に確認が行え、誤りが訂正可能。欧州では、キャパシティオークションに対応。

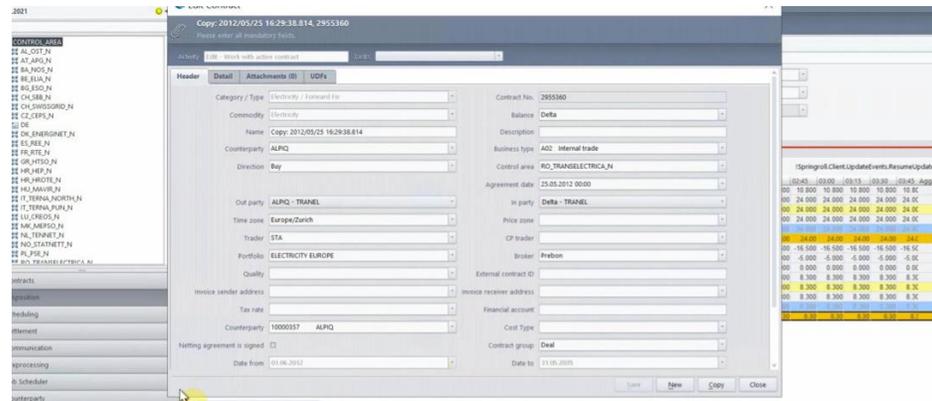
Group	TSO ID	Version	Out party	In party code	Unit	Nomination status	Reason c.	Total	00:00	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45
Internal positions	10000003X484318737238158	1	EPEX/DE_TR	11XDELTA00	MW	NOT OK	Not with time limit	480.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	10000003X484318737238158	1	11XDELTA00	MW					20.00	20.00	23.15	115.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	10000003X484318737238192	1	11XDELTA00	MW		NOT OK										
	10000003X484318737238158	1	11XDELTA00	MW		END with time limit	ACB	30.00	30.00	23.15	115.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00

## ポジションマネジメント

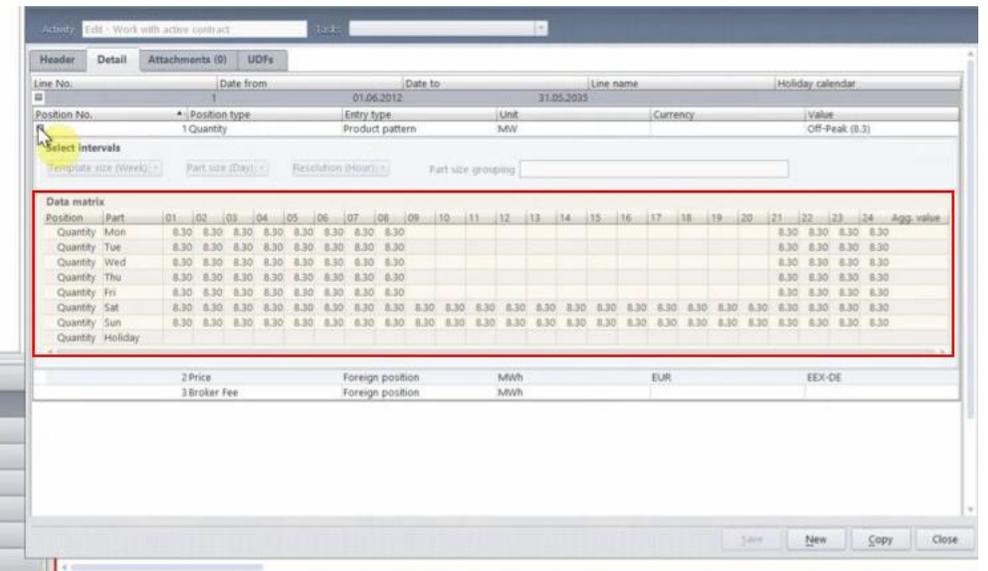
- 新規契約即時取り込み
- ディール単位のリアルタイムポジション・マネジメント

## コントラクト・マネジメント

- ボリューム、価格を容易に変更
- ポートフォリオアレンジメント



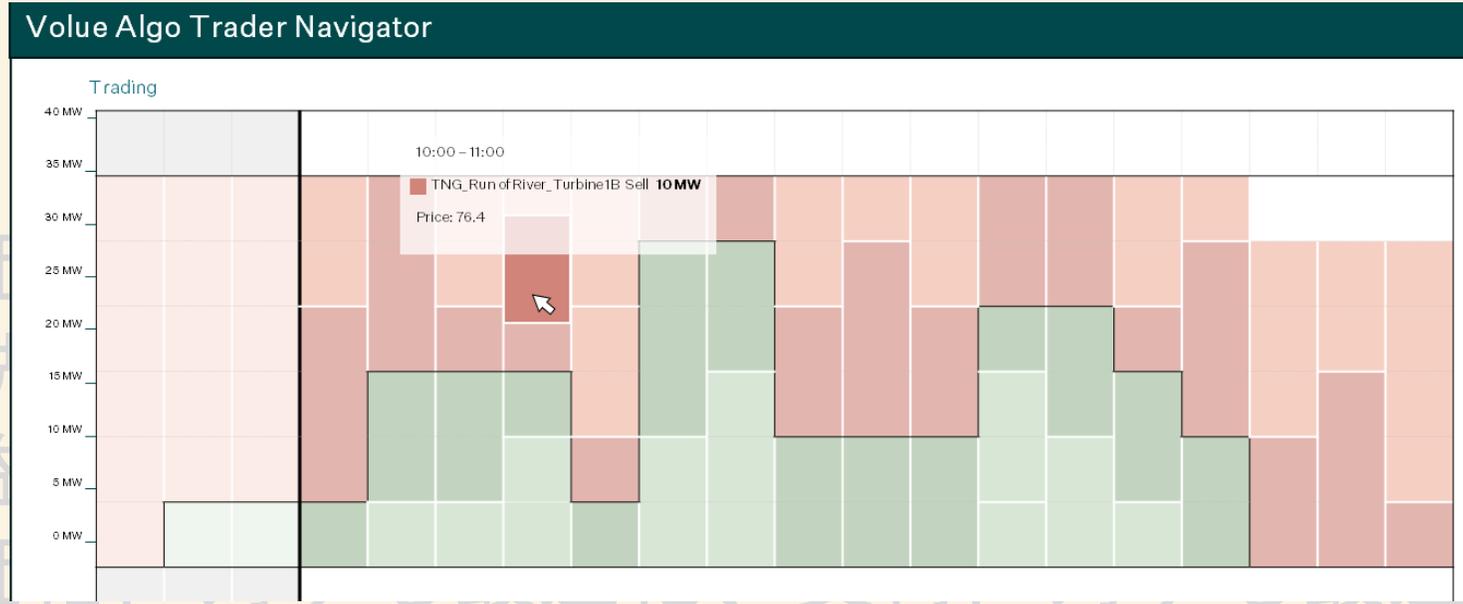
- AL\_COST\_N
- AT\_ARGO\_N
- BA\_NOS\_N
- BE\_ELIA\_N
- BG\_ESO\_N
- CH\_SBB\_N
- CH\_SWISSGRID\_N
- CZ\_CEPS\_N
- DE
- DK\_ENERGINET\_N
- ES\_PEE\_N
- FR RTE\_N
- GR\_HTSO\_N
- HR\_HRP\_N
- HR\_HROTE\_N
- HU\_MAVIR\_N
- IT\_TERNA\_NORTH\_N
- IT\_TERNA\_PUN\_N
- LU\_CREOS\_N
- MK\_MEPSO\_N
- NL\_TENNET\_N
- NO\_STATNETT\_N
- PL\_PSE\_N
- PT\_TRANSELETRICA\_N



# フレキシビリティを生む デジタル・ソリューション事例紹介

(主に、Valueの欧州事例を用いて)

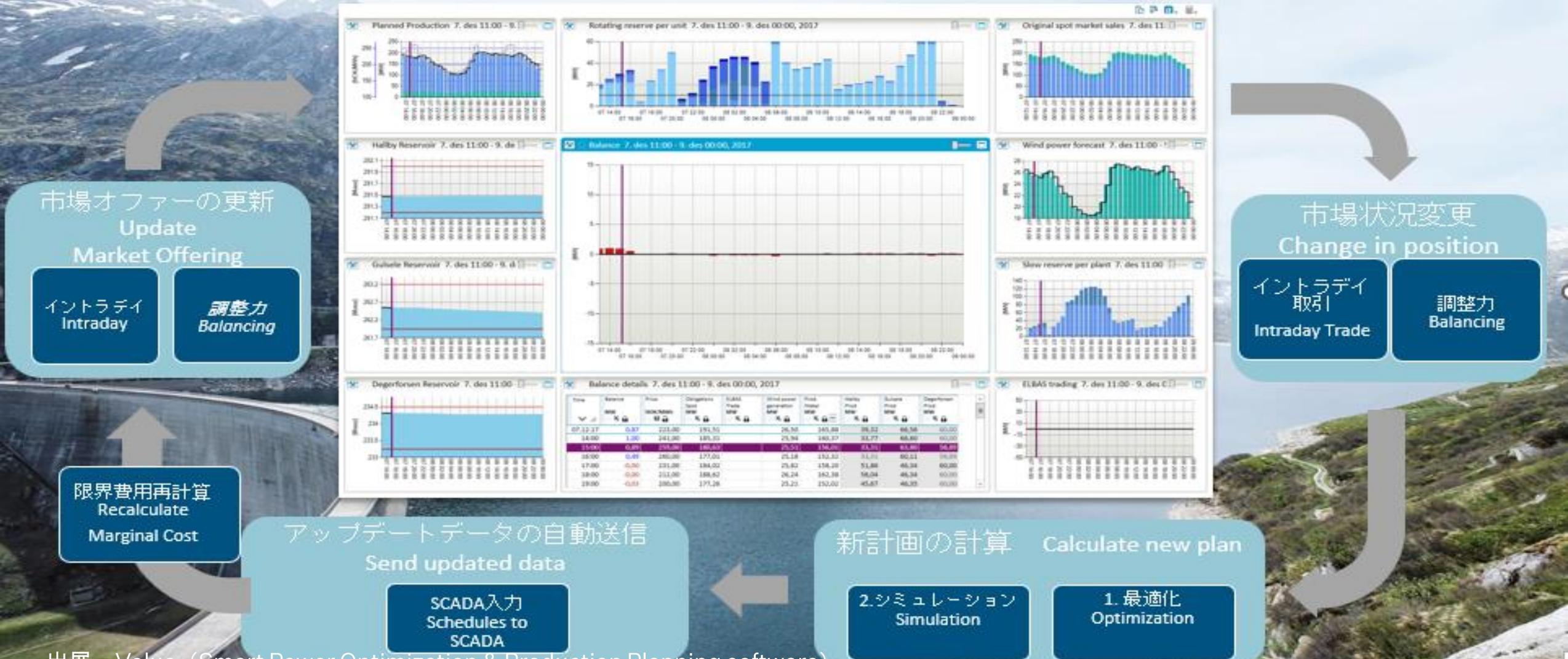
- 1-1) 予測 (フ  
~需要、
- 1-2) 予測 (価  
~45日先
- 3) 発電収益  
~市場価
- 4) 電力取引プロセス自動化
- 5) イントラデイ取引アルゴリズムトレードソフトウェア



化

# 電力取引ソフトウェア・システム ~ DA入札から、時間前までの自動トレーディングプロセス (Smart Power上)

例: 24/365日の継続的な更新: デスパッチ (発電指示) とトレーディング (電力取引)  
 24/7 Continuous Dispatch and Trading --- 頻繁な計算とSCADAへの送信



# フレキシブルトレーディング

- エネルギー・トランジション（脱炭素化）により、電力供給における柔軟性の重要性が高まっている。The energy transition drives up the need of flexibility

- 柔軟性のある電力取引は、柔軟性からの収益を高め、且つ、インバランスを減らします。

Flex trading is a process which aims at maximising the value of the flexibility and minimise imbalances

- 発電設備のタイプ（蓄電池や揚水発電を含む）により、電力取引のプロセスも異なってきます。Different asset types demand different trading processes and strategies

