

再エネの自立化と収益力の向上に向けて

2023年12月15日

東芝エネルギーシステムズ株式会社
東芝ネクストクラフトベルケ株式会社

再エネの主力電源化に向けて

再エネの自立化を目指し、段階的にFITが終了していく
発電事業者は、新たなステージに突入

2012年~

FIT

固定価格
買取

2022年~

FIP

プレミアムとして
一部補助

203X年~

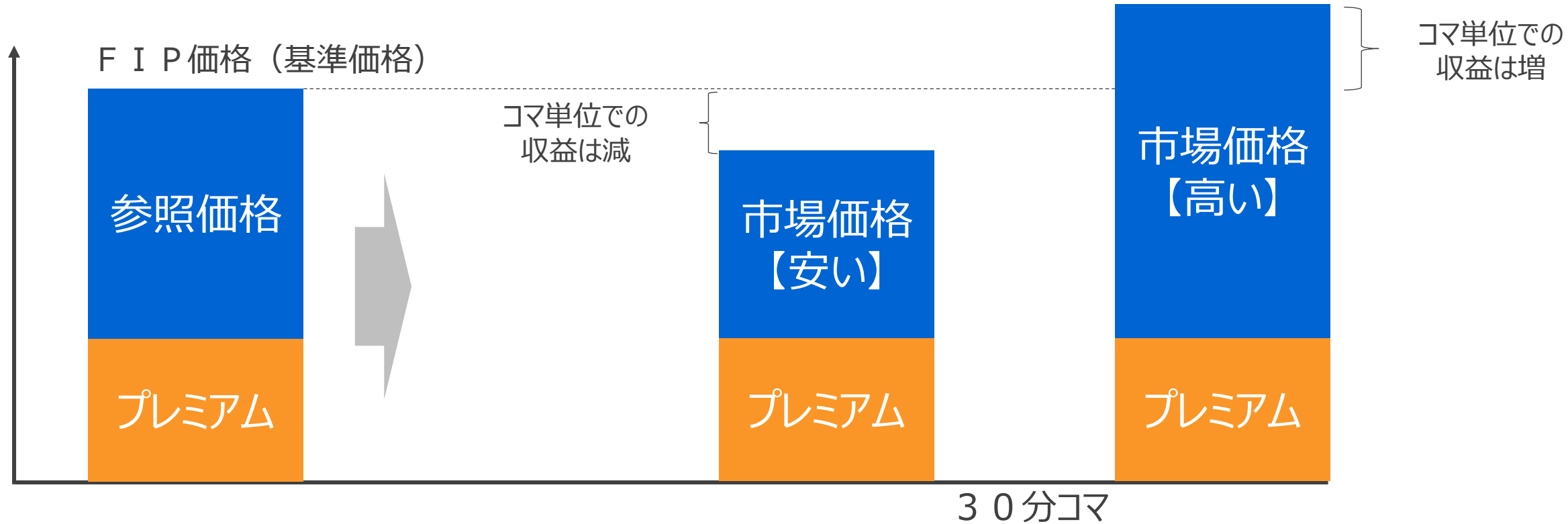
市場統合

補助からの
完全自立

再エネを市場や相対で自由に売れる世界に。

F I P 制度の仕組み

市場シグナルに応じた行動変容によって収益拡大の機会が得られる
市場原理で需給調整が図られる自己作用の機能を持つ制度



参照価格とプレミアム額は
1ヶ月更新

市場価格が安い
収益減

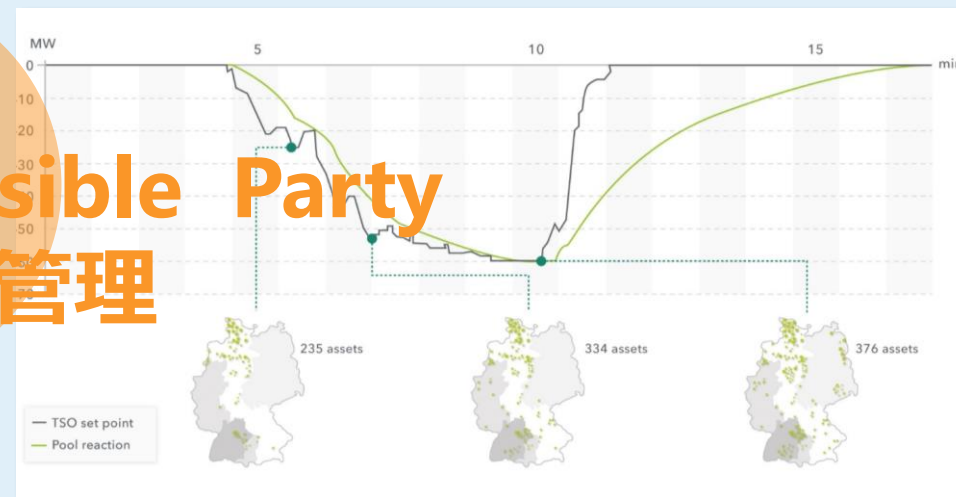
<

市場価格が高い
収益増

ドイツでは2012年からFIP制度が開始。
現在15,000アセット(15GW)以上の再エネを束ねて卸市場、需給調整市場で取引。

トレーディング

リソース制御



気象、市場価格、最新予測、リアルタイムの発電量実績から、トレーダーの判断により前日市場や当日市場（G/C5分前）で取引

バイオガス発電機、E V、水電解装置等のリソースを活用して需給調整市場（一次・二次・三次）に参画

洋上風力におけるバランスングの取り組み（独）

2023年より洋上風力のアグリゲーションをスタート

Next Kraftwerke integrates HKN wind farm power into its portfolio

Next Kraftwerke has commenced power trading for a proportion of the Dutch Hollandse Kust Noord (HKN) offshore wind park following the startup of the project's first turbines. The wind park is being built by CrossWind, a joint venture of Shell and Eneco, and will reach a capacity of 759 MW when fully operational at the end of this year. Next Kraftwerke acts as the Balancing Responsible Party (BRP) of the wind farm and trades Shell's share of electricity on short-term markets. Eneco will trade its own share of electricity.



北海の蘭沿岸 759MW*1

Eneco*2とShellによる共同開発PJ

*1：NKWは一部容量(Shell持分相当)を担当

*2：三菱商事/中部電力が株主のオランダの再エネ電力会社

出典 <https://www.next-kraftwerke.com/news/powertrading-windfarm-hkn>

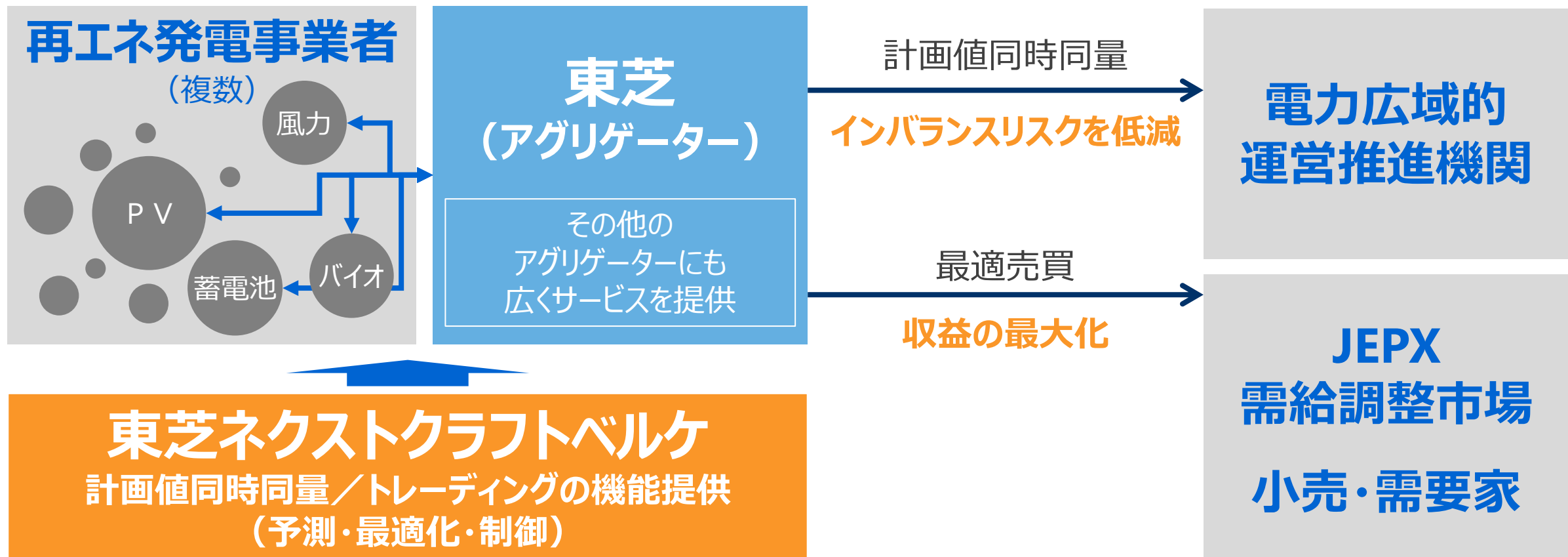
NKWの主な役割

- Shellとの協業による長短期のデリバティブ取引支援 (“long-term hedging to short-term optimization”)
- BRPとして、インバランス管理および市場動向を踏まえたファームの最適運用
例：市場がネガティブ価格時のファームの運転停止、等

再エネ事業者向けの支援サービス

再エネをアグリゲートして、計画値同時同量業務と取引業務を遂行

再エネバランシンググループ



多様化する再エネの供給モデル

事業者のニーズに合わせたモデルを提案。
計画値同時同量の業務を担い、インバランスのリスクを負担します。

オンサイト P P A

余剰買取

自己託送

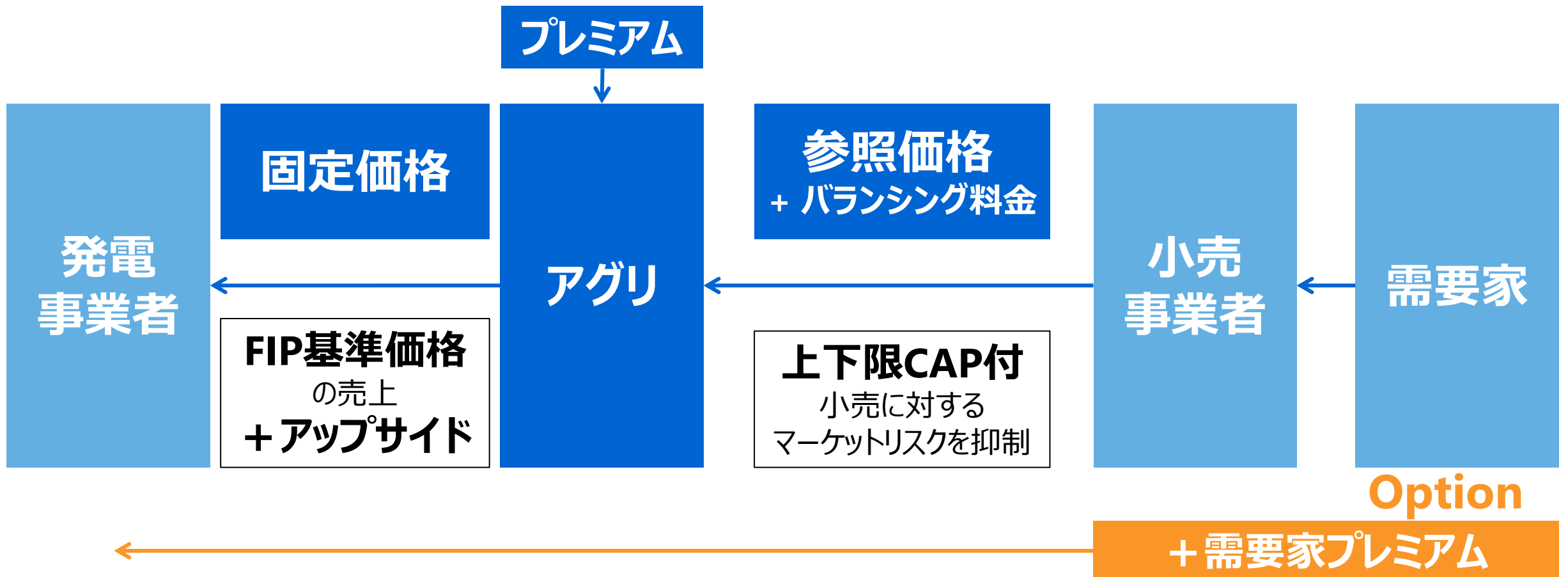
運用業務代行

オフサイト P P A

フィジカル・バーチャル
需要家とのマッチング

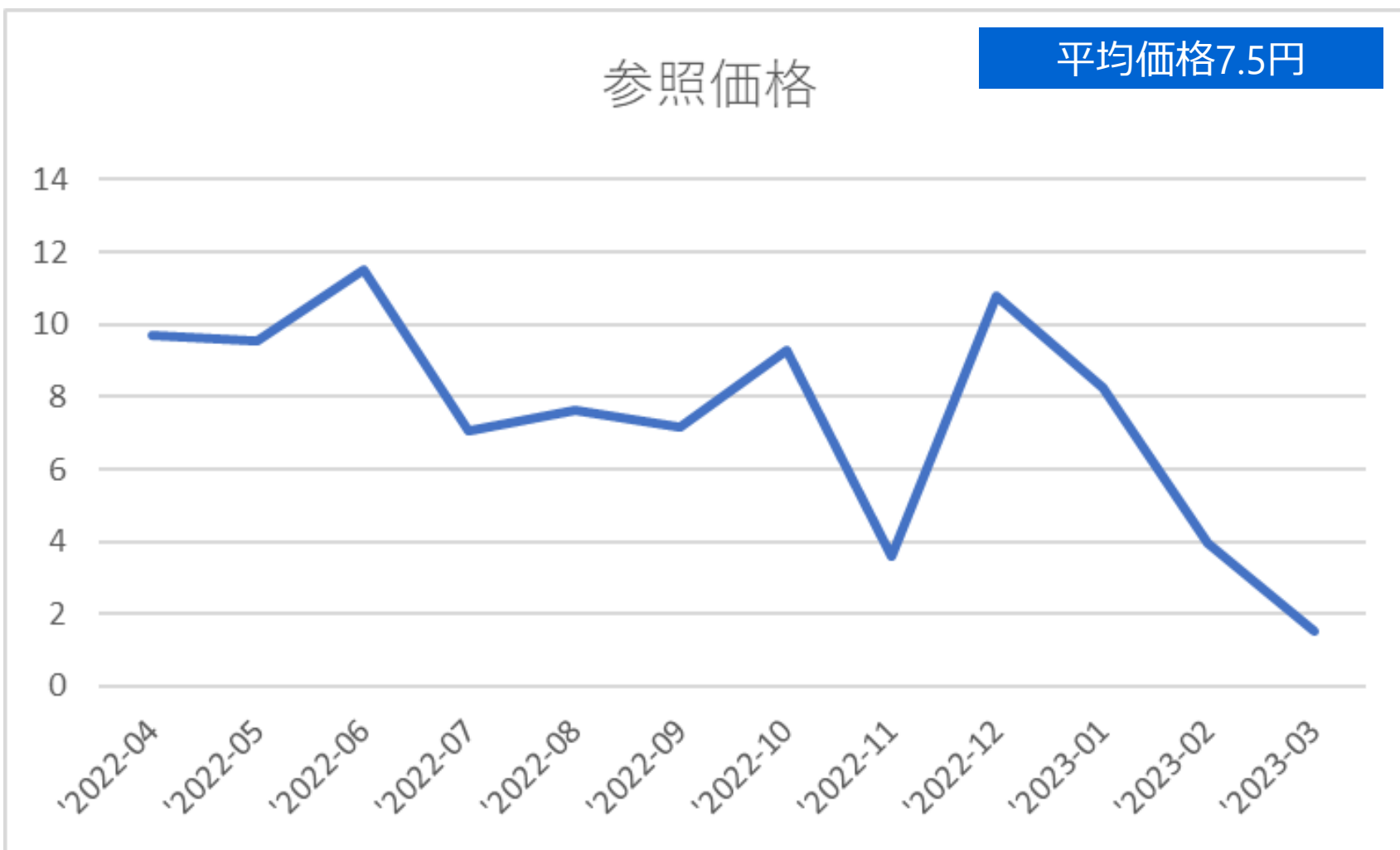
F I P 活用① フィジカルPPAにおける参照価格での販売

- ① 発電事業者に対してFIP基準価格以上の固定価格で買取り（疑似FITプラス）
- ② 小売事業者の市場リスクを抑制（FIP上下限CAP）
- ③ 将来下落傾向の参照価格をベースに安価な卸価格を実現



(ご参考) 九州エリア 参照価格 (22年度)

PV参照価格 (日中の安い時間帯の市場平均価格) は下落することが予想される



下落する参照価格に
需要家が買取金額を
上乗せできれば、
発電事業者の買取価格に
還元ができる

例) 小売への卸価格

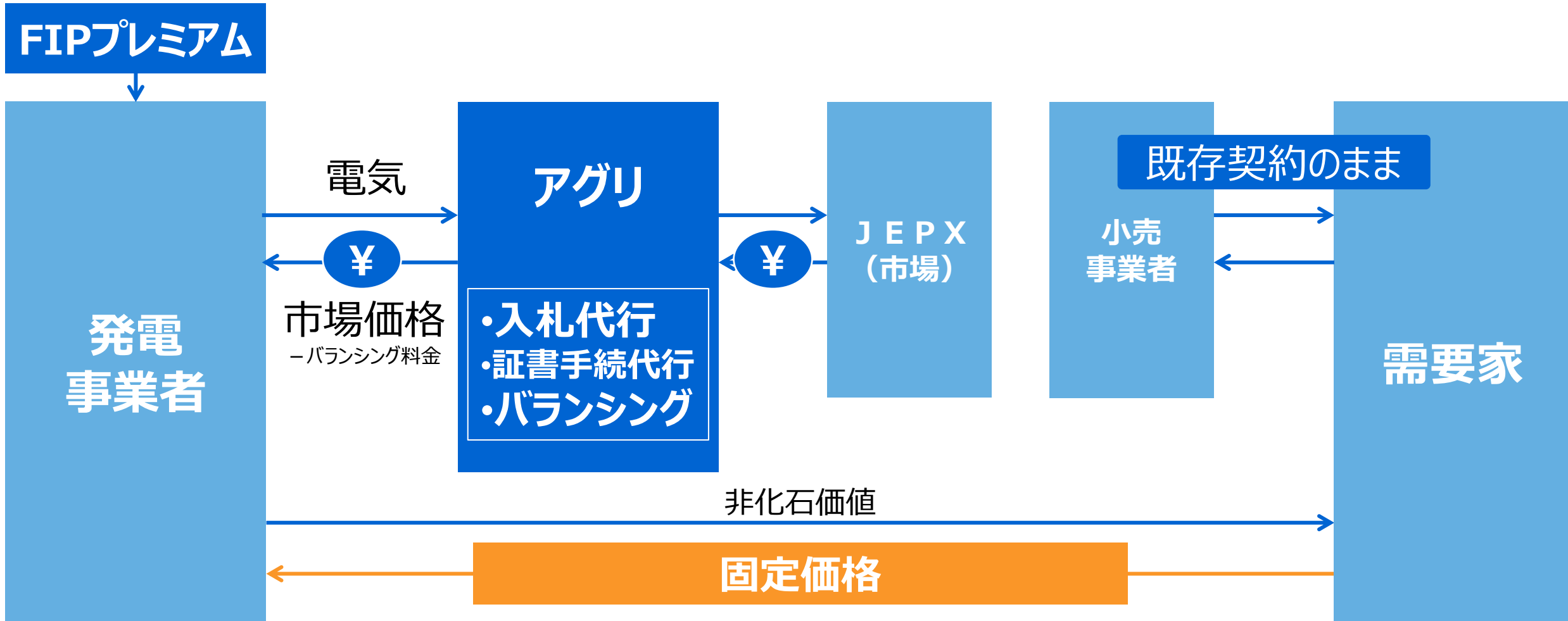
$7.5\text{円} + \alpha\text{円}$

(上下限設定あり)

一部を発電事業者に還元

F I P 活用② バーチャルPPAにおける市場値差リスクの回避

市場値差をFIPプレミアムで吸収し、非化石価値を固定額で需要家に提供

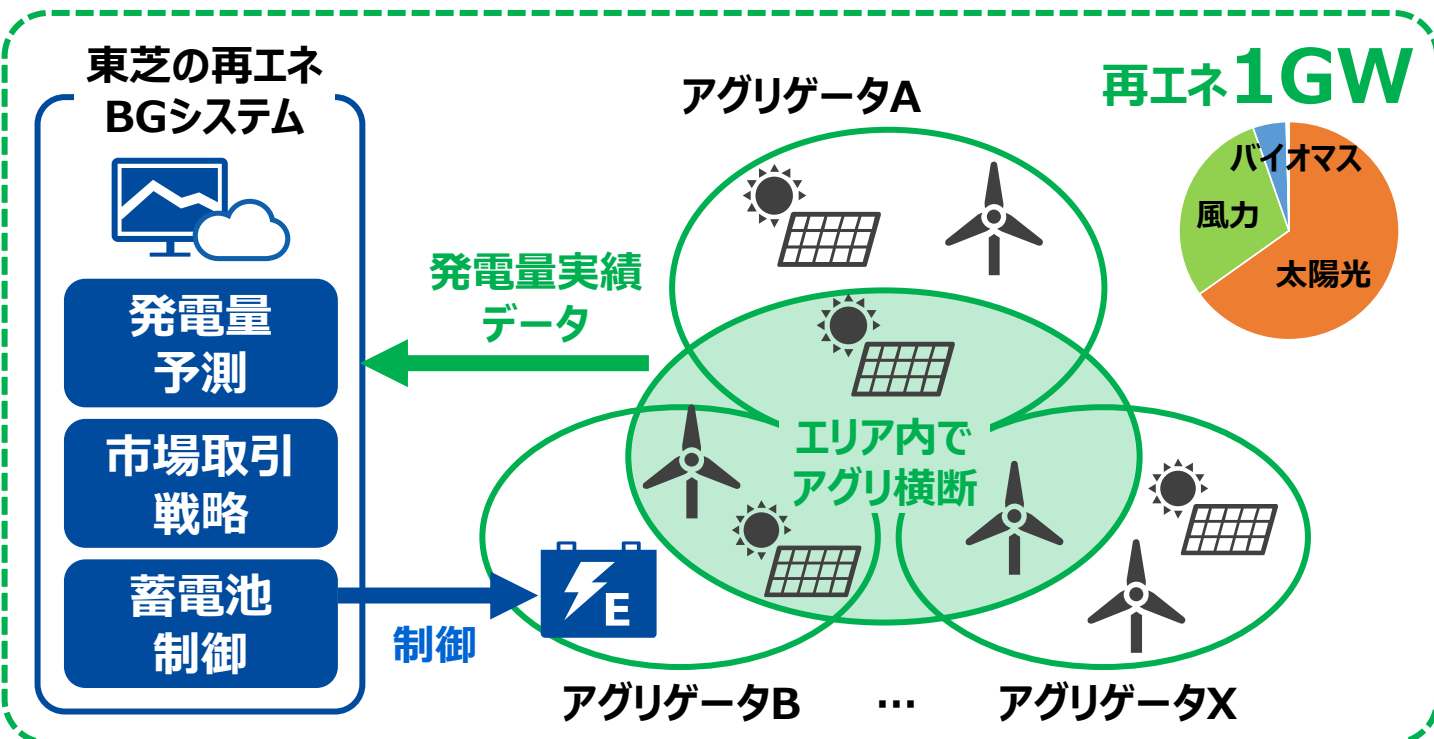


令和3年度 再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業

単独企業では困難な、多数の再エネリソースを束ねた場合の インバンスリスク低減、収益向上効果を検証

- 再エネ(PV/風力)の発電量予測技術、市場取引戦略技術、蓄電池制御技術を実証
- アグリゲーター17社 & 実証協力者11社と連携し、国内最大規模の再エネリソースを束ねる

仮想的な巨大再エネ発電バランシンググループ (BG)

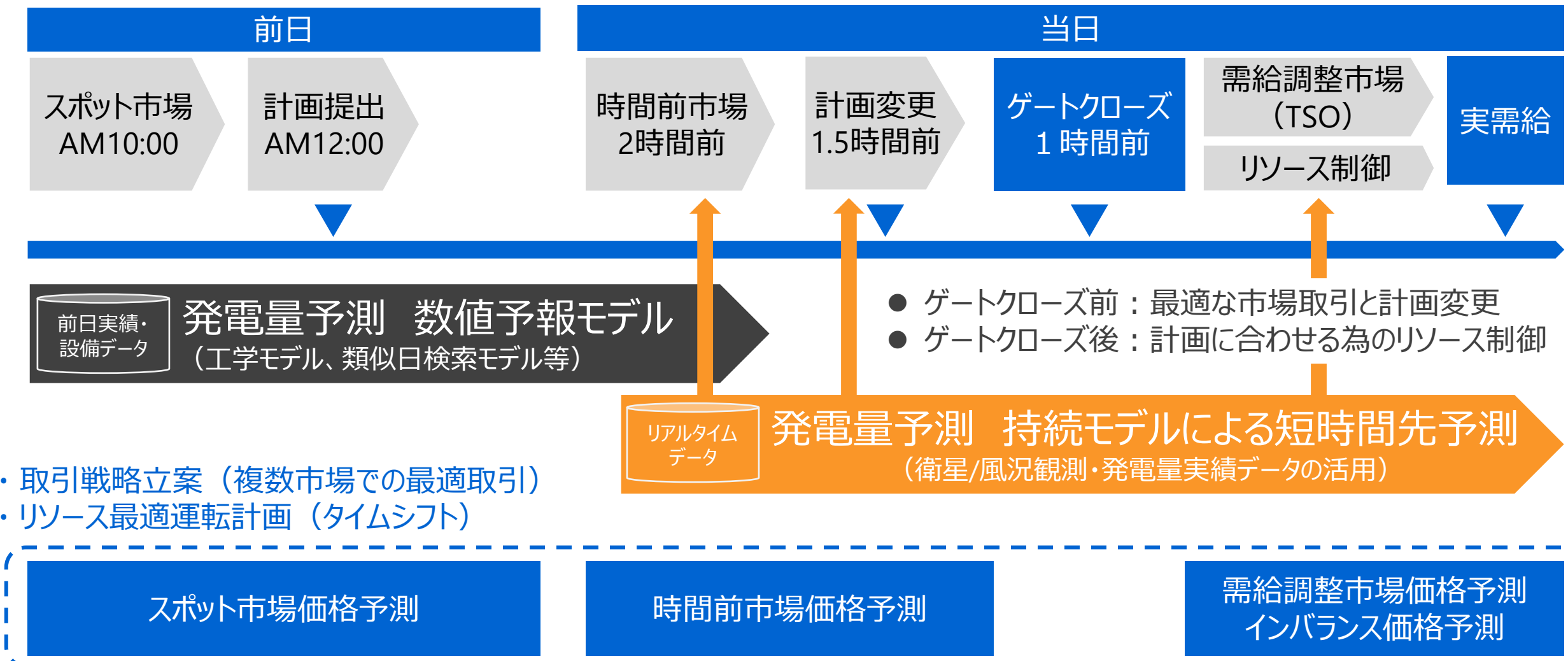


コンソーシアムリーダー	再エネアグリ 兼 実証協力者
東芝ネクストクラフトベルケ(株)	東芝エネルギーシステムズ(株)
再エネアグリゲーター (17社)	
アーバンエナジー(株) (株)ウエストホールディングス ENEOS(株) 関西電力(株) 九州電力(株) コスモエコパワー(株) ジャパン・リニューアブル・エナジー(株) 中国電力(株)	東京電力エナジーパートナー(株) 東北電力(株) 日本工営(株) 日本電気(株) 北陸電力(株) 北海道電力(株) (株)ユーラスエナジーホールディングス (株)ユーラスグリーンエナジー
実証協力者 (11社)	
出光興産(株) (株)エネルギー・ソリューション・アンド・サービス エフィシエント(株) (株)関電エネルギーソリューション JREトレーディング(株)	東急不動産(株) 豊田通商(株) 一般財団法人日本気象協会 First Solar Japan 合同会社 三井住友海上火災保険(株)

※ 2021年6月9日プレスリリース https://www.toshiba-energy.com/info/info2021_0609.htm 経産省「令和3年度 蓄電池等の分散型エネルギーリソースを活用した次世代技術構築実証事業費補助金(再生可能エネルギー発電等のアグリゲーション技術実証事業のうち再生可能エネルギーアグリゲーション実証事業)」

予測技術の高度化

複数の予測モデルを活用し、当日オペレーションによってインバランスを極小化



蓄電池のマルチユース

蓄電池の制御によって再エネのタイムシフトやデマンドレスポンスを実現
事業者の利益向上と需給のバランスの最適化を図ります

蓄電池アセットホルダー

アグリゲーター

取引相手

蓄電池システム・EPC

蓄電所（系統直付）

再エネ併設蓄電池

需要家蓄電池
（産業用/住宅/EV）

O&M／劣化診断

A

¥

B

¥

インバラ抑制
出力制御回避

C

¥

ピークカット
BCP

自家消費PVタイムシフト（夜間・曇天）

需要予測

発電量予測

市場価格予測

取引戦略AI

取引

運転計画作成

制御

容量市場・
長期脱炭素電源オークション

需給調整市場

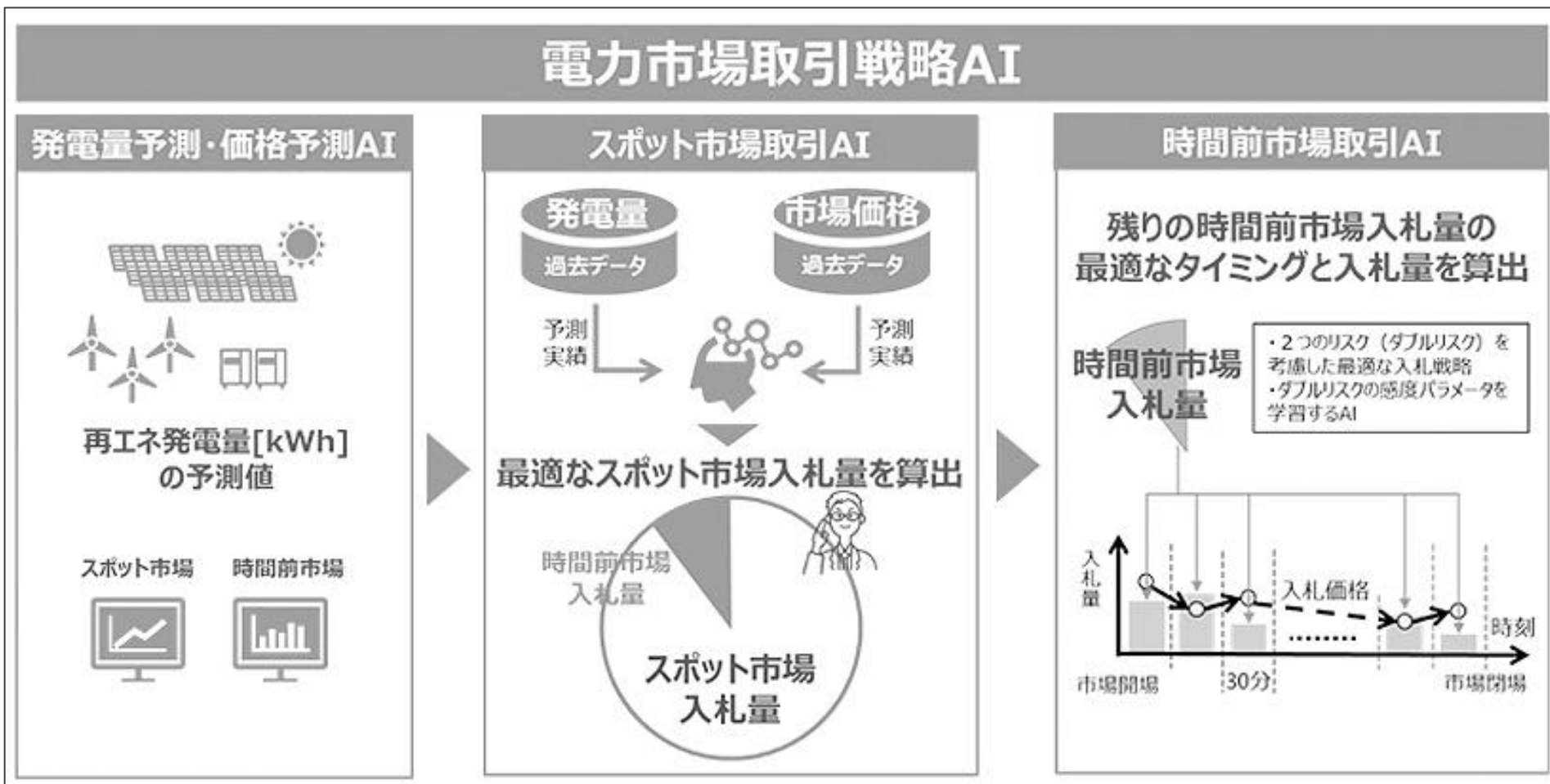
電力卸市場
（アービトラージ）

ローカルフレキシビリティ
（混雑回避）

小売事業者
（インバラ回避/電源差替）

電力市場取引戦略AIの高度化（東芝技術）

AIが過去の予測誤差データからリスク評価を行い、スポット市場の取引量を決定
当日は、インバランスを回避し収益最大となるように取引タイミングと入札量を算出

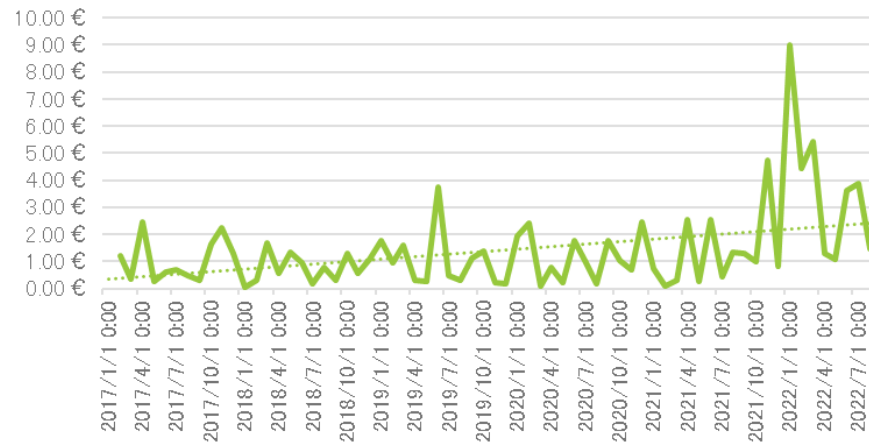


取引未達リスクと
価格下落リスクを考慮した
収益最大化

(ご参考) 前日と当日市場の価格差 (独)

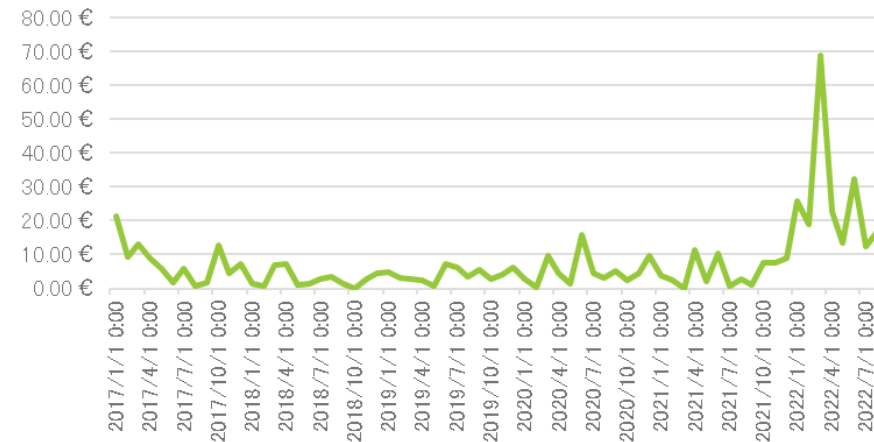
前日市場の価格と当日市場の価格、前日市場の価格とインバランス価格の差が拡大

Avg. monthly price spread Day Ahead vs Intraday Hourly



- Price spread between Day Ahead and Intraday continuous increases over time
 - More renewables lead to bigger impacts of forecast errors that cannot be avoided
 - Intraday prices become more volatile

Avg. monthly price spread Day Ahead vs. Imbalance Price



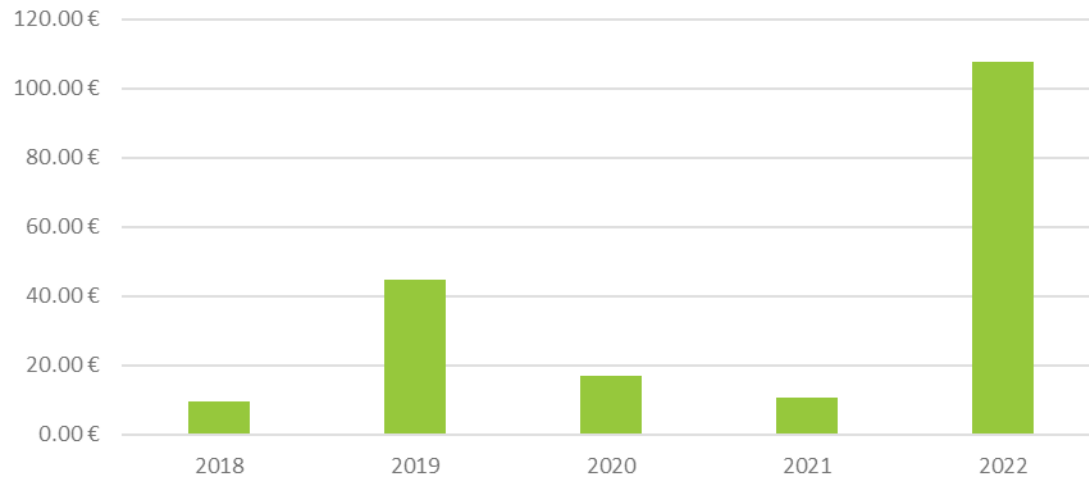
- Price spread between day ahead prices and imbalance prices has increased
 - The higher your overall price level, the more extreme imbalance prices become
 - Marginal pricing for aFRR/mFRR will increase this spread even more

(ご参考) 当日市場における価格差 (独)

PVの増大等により、当日市場における値差も拡大している。
蓄電池などによるアービトラージの機会が生まれている。

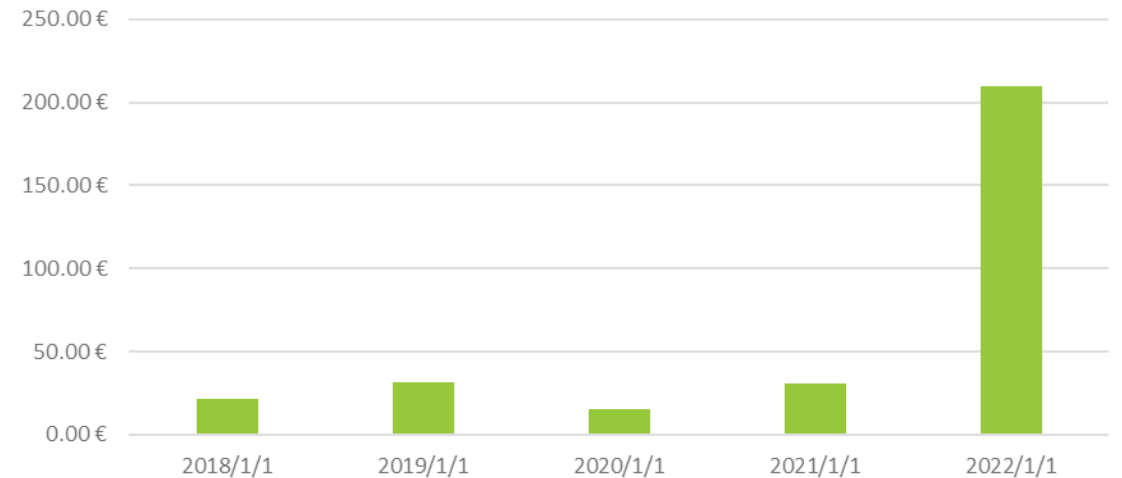
8/1 朝8時における
1Q (8:00-8:15コマ) と4Q (8:45-9:00) の値差

2018 - 2022



8/1における最も値差の高いコマでの比較

August 1st 2022 - 2018



8Q1= first quarter of an hour from 8 to 8.15

8Q4= last quarter of an hour from 8.45 to 9

R 4 実証結果 発電量予測誤差

風力発電量予測の精度向上が課題（R 5 実証で高度化を目指す）

全アグリゲーター 1ヶ月あたり平均

P V

風力

前日予測

平均予測誤差

4.51%

当日予測

平均予測誤差

3.26%

※実需給1時間前

前日予測

平均予測誤差

14.29%

当日予測

平均予測誤差

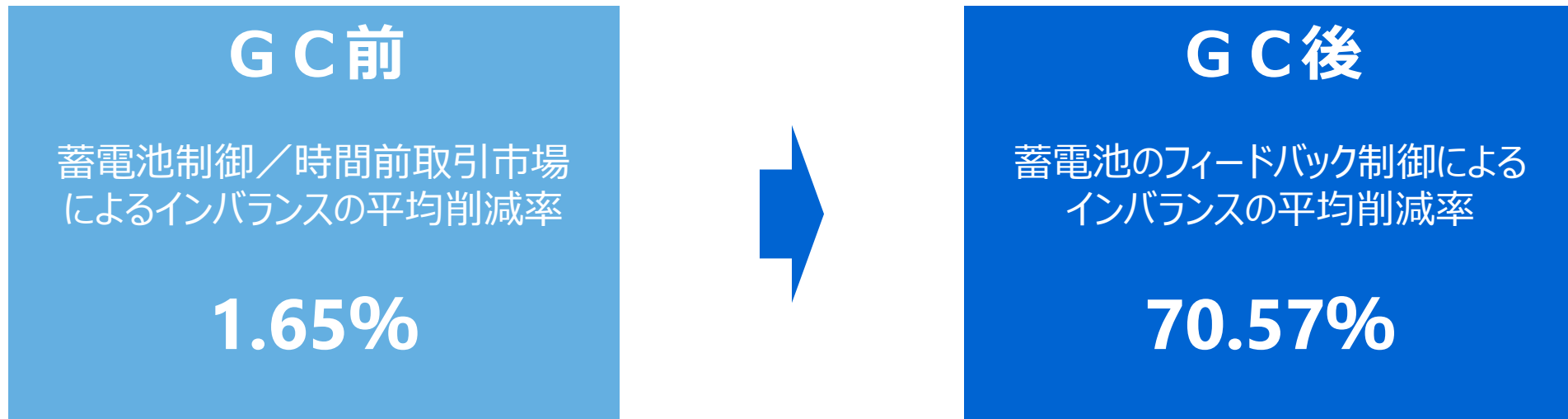
13.60%

※実需給1時間前

R 4 実証結果 インバランス回避

現在の市場設計では、蓄電池や時間前取引市場を活用しても
G C 前ではインバランスの回避は限定的。G C 後の蓄電池制御の効果は高い。

全アグリゲーター 1ヶ月あたり平均

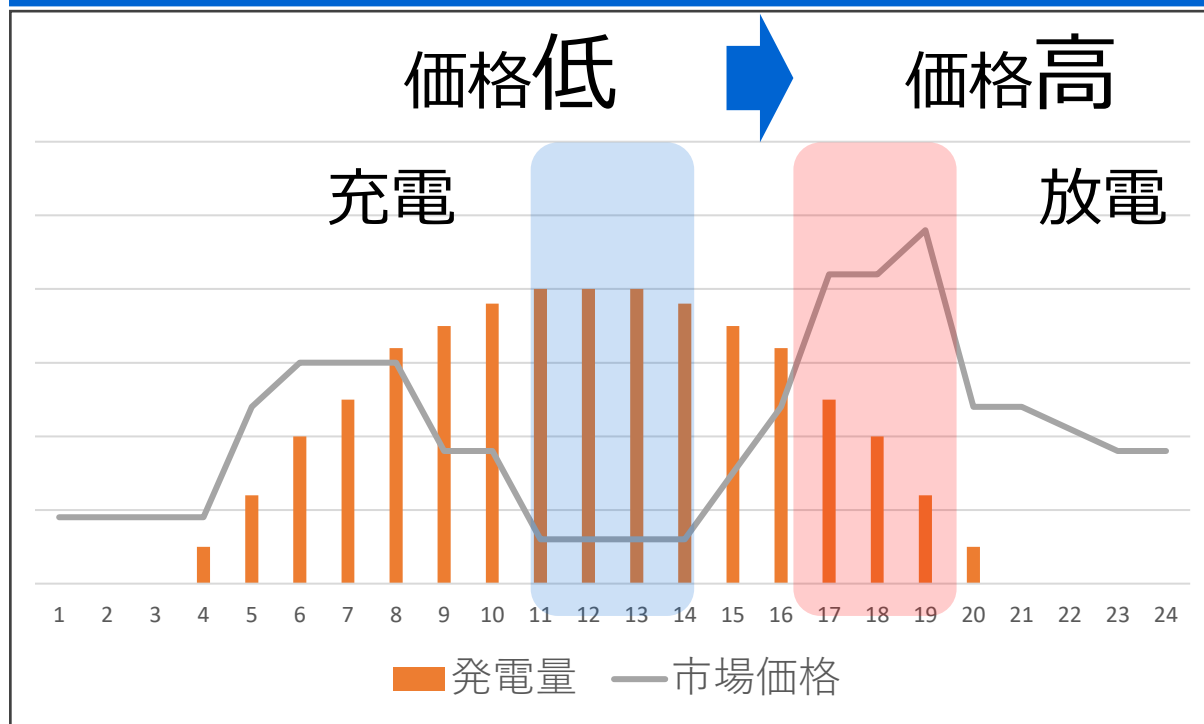


実需給断面の最後の30分で蓄電池を制御

R 4 実証結果 蓄電池によるアービトラージ効果

蓄電池のタイムシフト運転を行うことで、
収入（プレミアム、インバランスの精算含む）を増やせることを確認した。

タイムシフトによる収益増



一か月あたりの平均収益増加率

51.09%

一か月あたりの最大収益増加率

216.28%
(約3倍の売上)

0.01円/kWhのコマが多かった
東北エリアや九州エリアの増加率が高い傾向

R 4 実証結果のポイント

F I Tよりも

F I Pの方が
収益が高い

※実証期間中

インバランス抑制は

実需給の直前が
効果的

蓄電池の活用は

インバランス低減より
アービトラージの方が
増益効果が高い

F I TをF I Pに切り替えて、蓄電池によるアービトラージ効果で収益力を高め、インバランスは、欧州のように時間前市場で抑制することが望ましい。

インバランス制度について（余剰と不足の関係）

2022年度のインバランス制度の見直し以降、不足と余剰インバランスの価格は同一。
インバランスを出した方が利益が出るケースも生じる。

	系統 余剰時	系統 逼迫時
余剰インバランス	<p>インバランス価格</p> <p>安い</p> <p>市場価格 > インバランス価格 インバランスを出すと損</p>	<p>インバランス価格</p> <p>高い</p> <p>TSOから市場よりも高く買い取ってもらえる</p> <p>市場価格 < インバランス価格 インバランスを出した方が得</p>
不足インバランス	<p>インバランス価格</p> <p>安い</p> <p>TSOから市場よりも安く売ってもらえる</p> <p>市場価格 > インバランス価格 インバランスを出した方が得</p>	<p>インバランス価格</p> <p>高い</p> <p>市場価格 < インバランス価格 インバランスを出すと損</p>

計画値を少なくし、余剰側に寄せることでインバランスリスクを抑制

予測信頼区間

今後、ペナルティ性の強化もあり得るか

今後の可能性

モラルハザードを避け、
インバランスを防ぐ動機付けをする

インバランス制度の
ペナルティ性を高める
(ならば)



実需給の直前まで時間前市場が
開いていればインバランスは抑制できる

時間前市場を
高度化する

流動性、リアルタイム性を
高める

パッケージで実施することで
インバランス抑制における社会コストの低減になるか？

将来はどうなる？ 需要家の環境意識の高まり

CN手段として再エネ調達は、量の評価から質の評価へ
将来は、需給バランスの限界から24/7の生グリーン電源が求められる可能性

非化石証書
(量の評価)

追加性
(質の評価①)

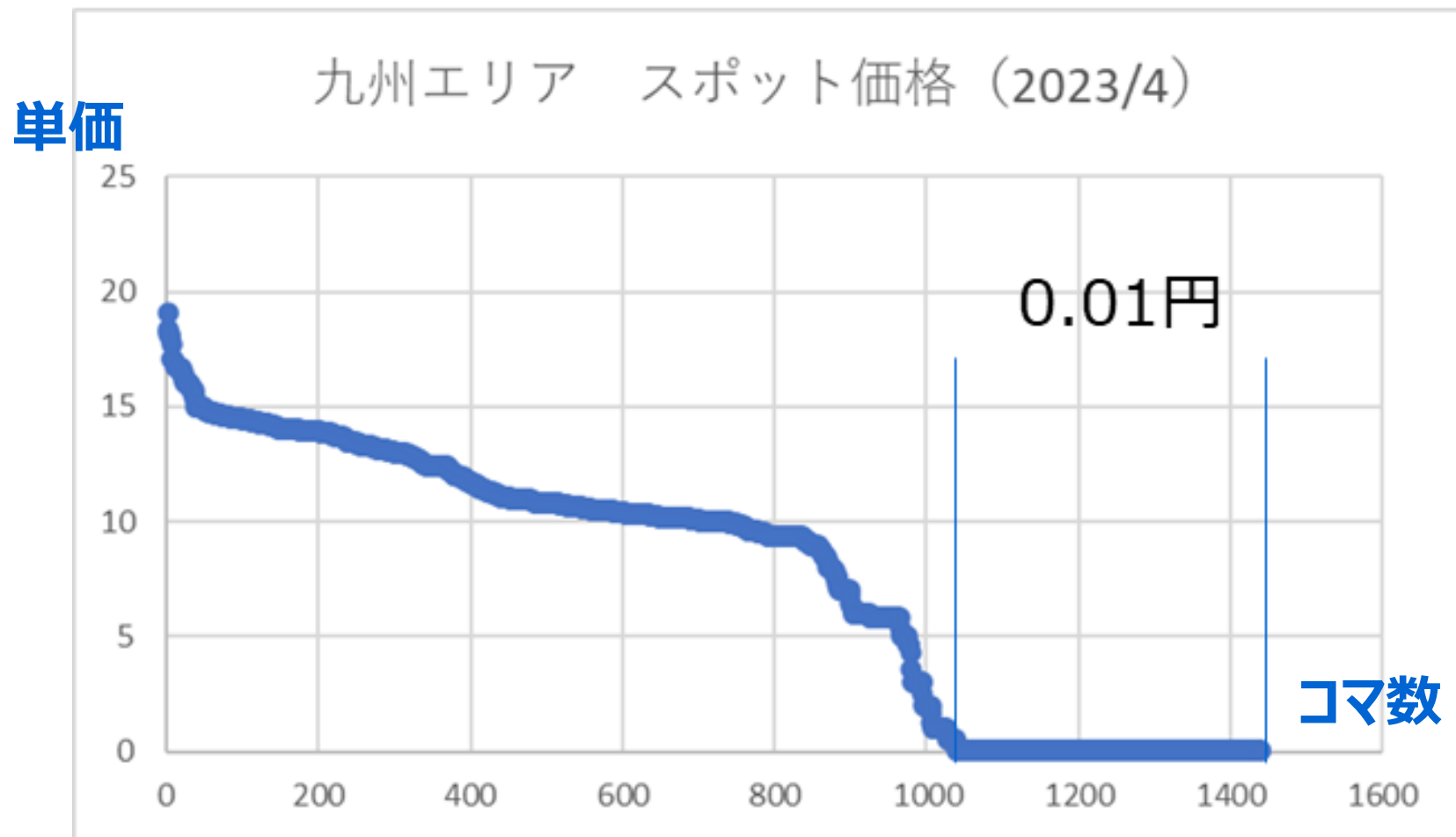
オフセットに頼らない
24/7の再エネ調達

生グリーン性
(質の評価②)

- 電源種別の多様化
- 蓄電池によるタイムシフト

将来はどうなる？ 出力制御・市場価格のボラティリティの増大

日中の市場価格は下落傾向、出力制御も増大している
ネガティブプライスが導入されればボラティリティは更に高まる可能性



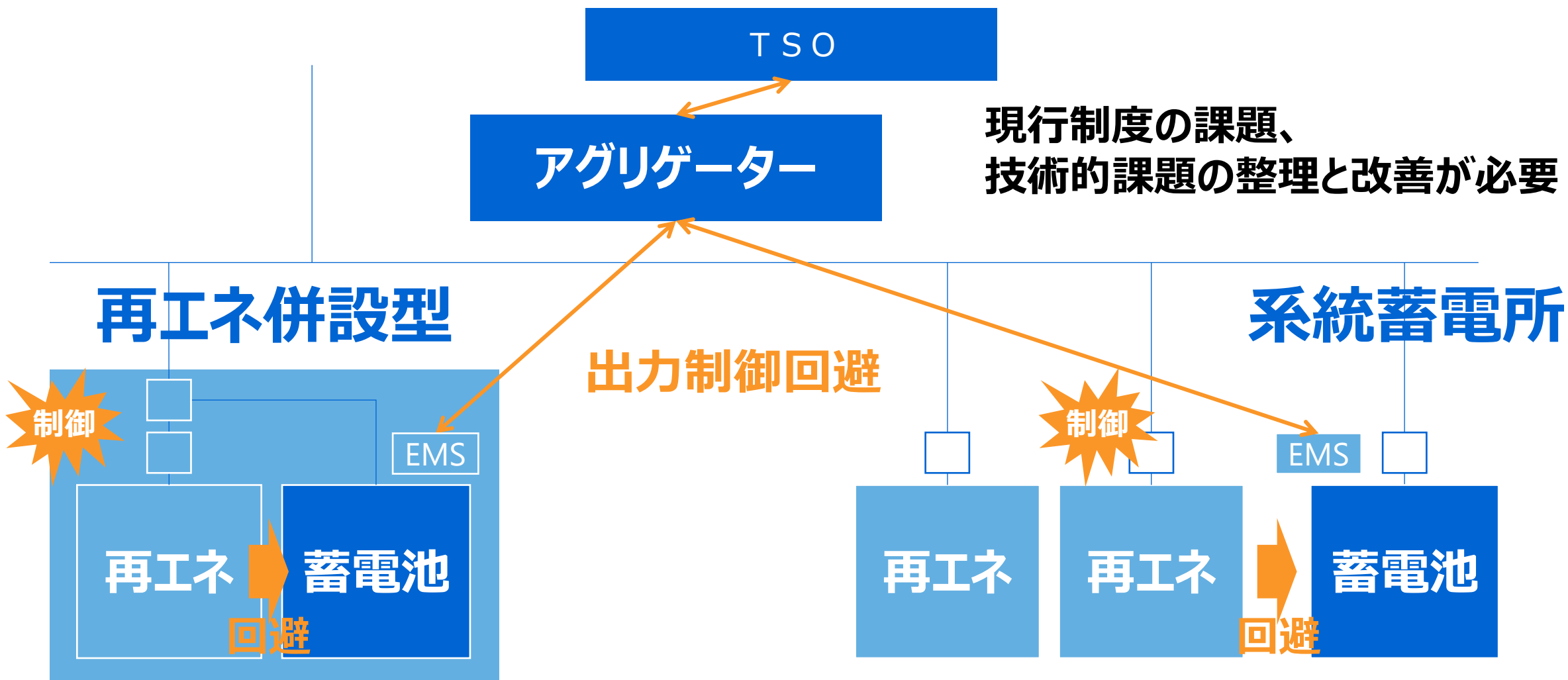
【2023年4月】
九州

- 最高価格
19.07円
- 平均価格
7.73円
- 0.01円コマ
391コマ
27.2%

九州エリアの23年度の出力制御見通しは6.7%

今後の可能性 アグリゲーターによる出力制御回避

アグリゲーターが制御指令を受けて、蓄電池による出力制御回避を実行



再エネが調整力を持ち、系統安定に貢献する時代へ

デマンド
レスポンス



RE
レスポンス

蓄電池によるタイムシフト
下げ、上げの調整力

アグリゲーターの価値

再エネの収益力向上と、小売における市場リスクの低減および競争力強化に貢献
需要家のカーボンニュートラルを支援する

再エネ事業者

課題

出力制御の増大

非FITニーズ

出なり発電の限界

価値

FIPへの移行と出力制御回避
アービトラージによる収益向上

小売事業者

課題

市場リスクの増大

容量拠出金対応

再エネメニュー整備

価値

経済DR
非FIT再エネの安定供給

需要家

課題

生グリーン調達

カーボンプライシング

エネマネ

価値

デマンドレスポンス
非FIT再エネの安定供給

アグリゲーター