

**:De20**

DeNA 20th Anniversary

東京大学生産技術研究所  
第6回ESIシンポジウム  
VPP・小規模DRは生き残れるのか？

# 諸外国における Flexibility活用の動向

令和元年11月21日  
株式会社ディー・エヌ・エー  
エネルギー事業推進室 松尾 豪

**:DeNA** Delight and Impact the World

# 1. DeNAの事業概要

2. 欧州における系統混雑・電化の影響

3. Flexibility活用の動向

4. 日本への示唆、DeNAの目指す電力事業

# 1 .DeNAの事業概要

## DeNAの事業ポートフォリオ

- DeNAは主力のゲーム事業の外、スポーツ(DeNAベイスターズなど)、ヘルスケア分野などに進出。
- オートモーティブ事業ではタクシー配車アプリのMOVや個人間カーシェアアプリのAnycaを展開しているほか、自動運転のプロジェクトを行っている。
- DeNAでは、2019年4月にエネルギー事業推進室を設立し、デジタル技術を活用した新たな電力ビジネスの展開を目指している。



1. DeNAの事業概要

2. 欧州における系統混雑・電化の影響

3. Flexibility活用の動向

4. 日本への示唆、DeNAの目指す電力事業

## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響

# 再生可能エネルギーの導入拡大に伴う系統混雑

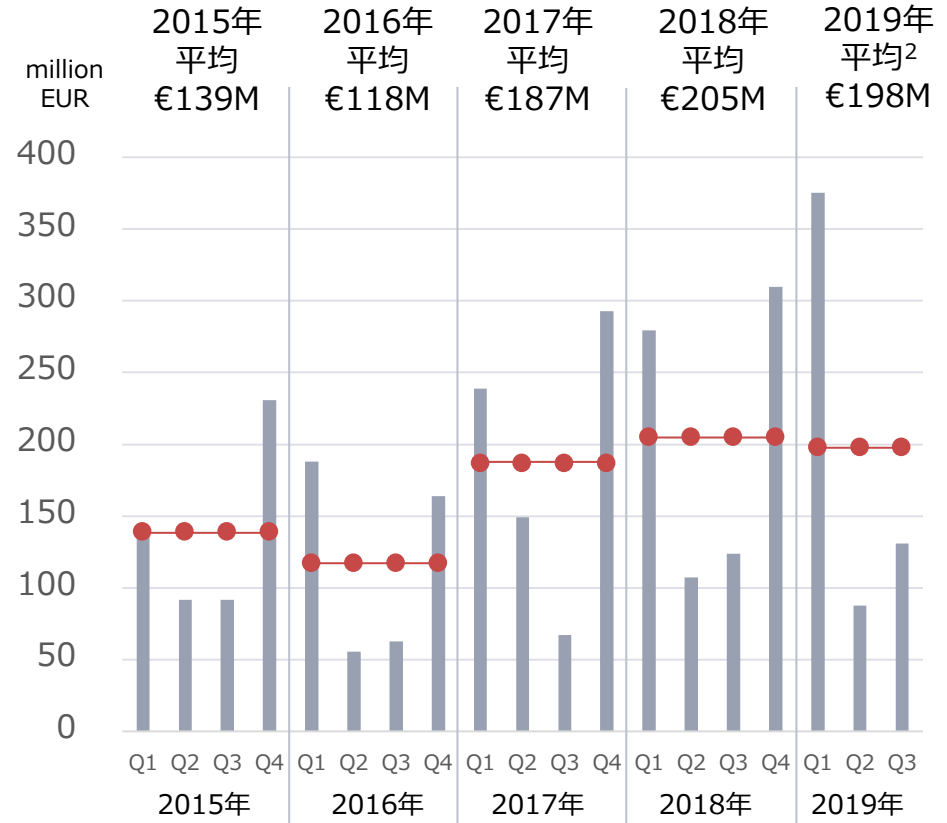
- 欧州では再生可能エネルギーの導入拡大に伴い系統混雑が常態化しており、系統混雑に伴う再給電指令とそのコストも上昇傾向にある。

欧州における系統混雑の状況(2018年)<sup>1</sup>



ドイツ・TenneTの再給電指令コスト

※赤線は年平均コスト



1 EPEX SPOT社とアーヘン工科大学による系統混雑調査 (EPEX SPOT社提供資料)

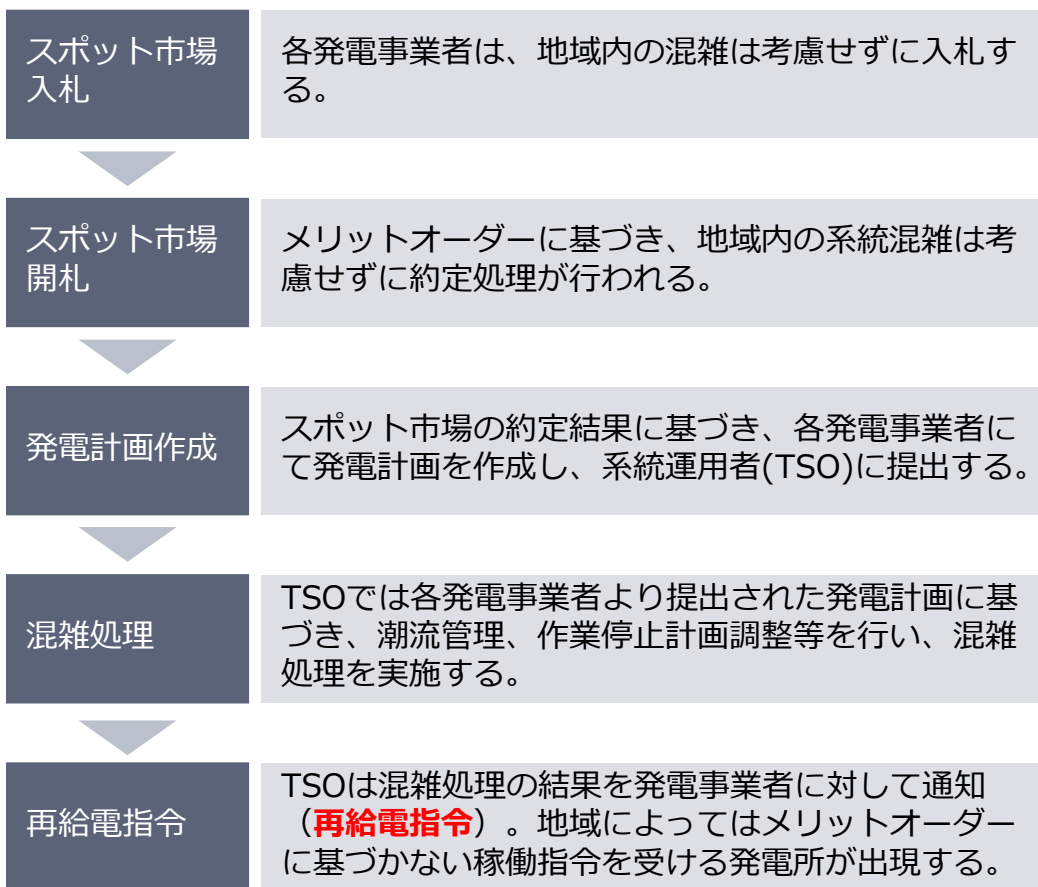
2 2019年はQ4の数値を含まない平均値のため、2015年-2018年と比較条件が異なる。

## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響

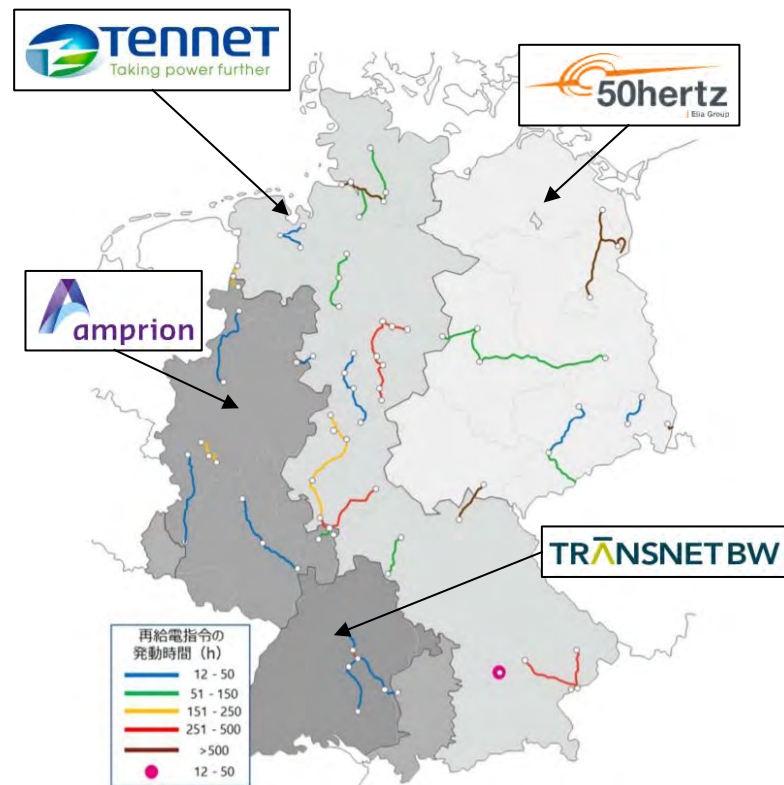
# 再給電指令のプロセスとドイツにおける再給電指令の継続時間

- 欧州では市場開札後に混雑処理を実施しているため、再給電指令が頻発している。

### 系統混雑に伴う再給電指令プロセス



### ドイツの再給電指令継続時間(2016年)



電力広域的運営推進機関「欧米における送電線利用ルールおよびその運用実態に関する調査(平成30年度-海外調査)」から一部改変

## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響 系統混雑の変化

- これまでは電力自由化に伴い、地域間(Bidding Zone間)連系線で系統混雑が発生していた。
- 再エネ導入拡大に伴い、地域内の送電系統でも系統混雑が発生する。再エネの多くは配電系統に接続されるが、送電系統における混雑により配電系統に接続された再エネの出力抑制が発生している。

### Bidding Zone

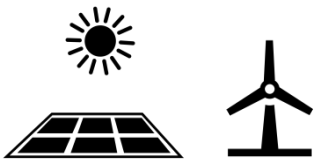
火力発電所など



ウィンドファーム(陸上/洋上)



地域の再生可能エネルギー  
(太陽光発電、小型風力 etc)



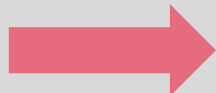
メリットオーダー  
による発電計画



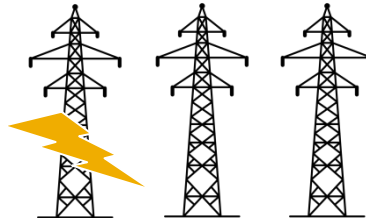
系統混雑に伴う  
出力抑制



送電系統の混雑  
により出力抑制



送電系統

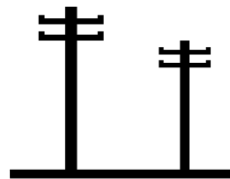


地域内で系統混雑発生  
(将来、設備増強が必要)

混雑発生

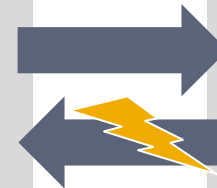


配電系統



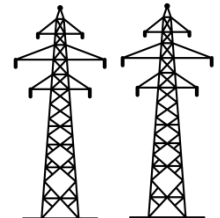
### 隣接のBidding Zone

地域間連系線



電力自由化に  
伴って混雑発生  
(既に発生)

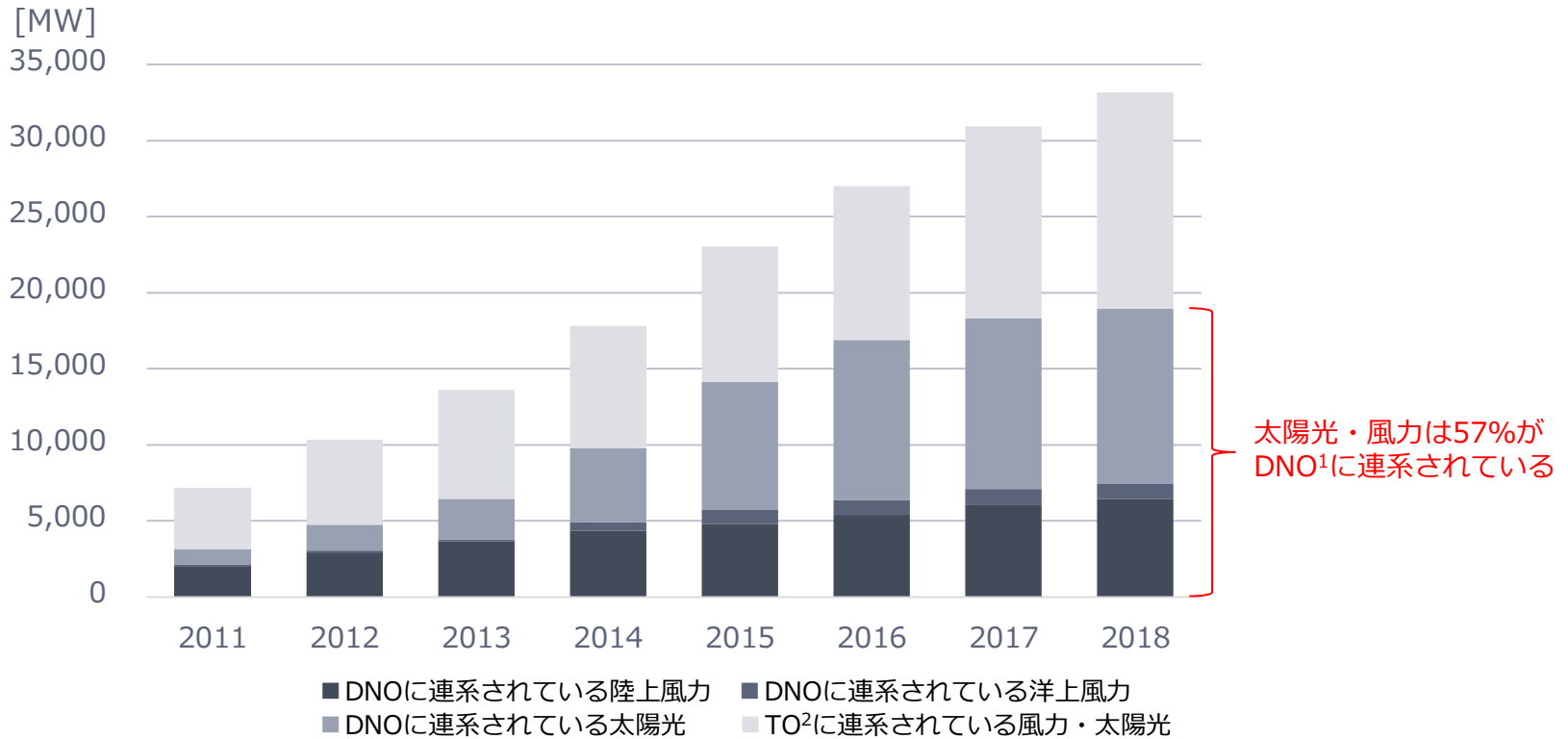
送電系統



## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響 配電系統に接続される再生可能エネルギー

- 前項の通り、再生可能エネルギーの多くは配電系統に接続される。
- 配電系統に接続された再生可能エネルギーは、系統運用者からは接続状況・出力が確認できないが、一方で配電系統からの逆潮流にも対応する必要があり、系統運用の難易度が上がっている。

英国の配電系統に連系されている太陽光・風力発電の設備容量



1 Distribution Network Operator, 配電事業者

2 Transmission Operator, 送電系統保有事業者。英国では系統運用はESOが行う。

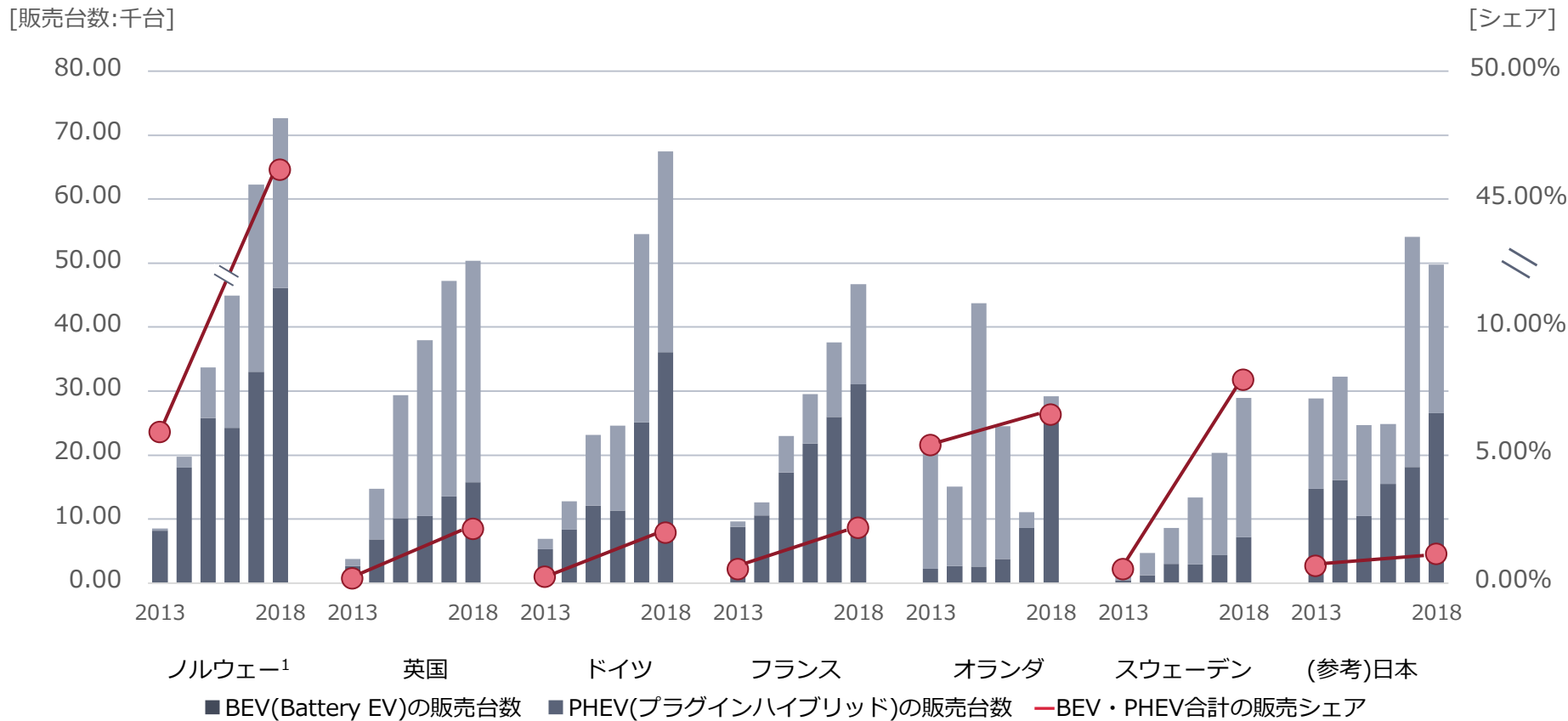
出典：Department for Business Energy & Industrial Strategy  
"Digest of UK Energy Statistics (DUKES): electricity 5.12"



# 電気自動車の販売拡大

- 特に北欧では電気自動車の販売シェアが急速に拡大しており、英国、ドイツといったその他欧州各国でも販売シェアが拡大している。

新車販売における世界各国の電気自動車の販売台数とシェア



1 ノルウェーにおける2018年のシェアは46.42%

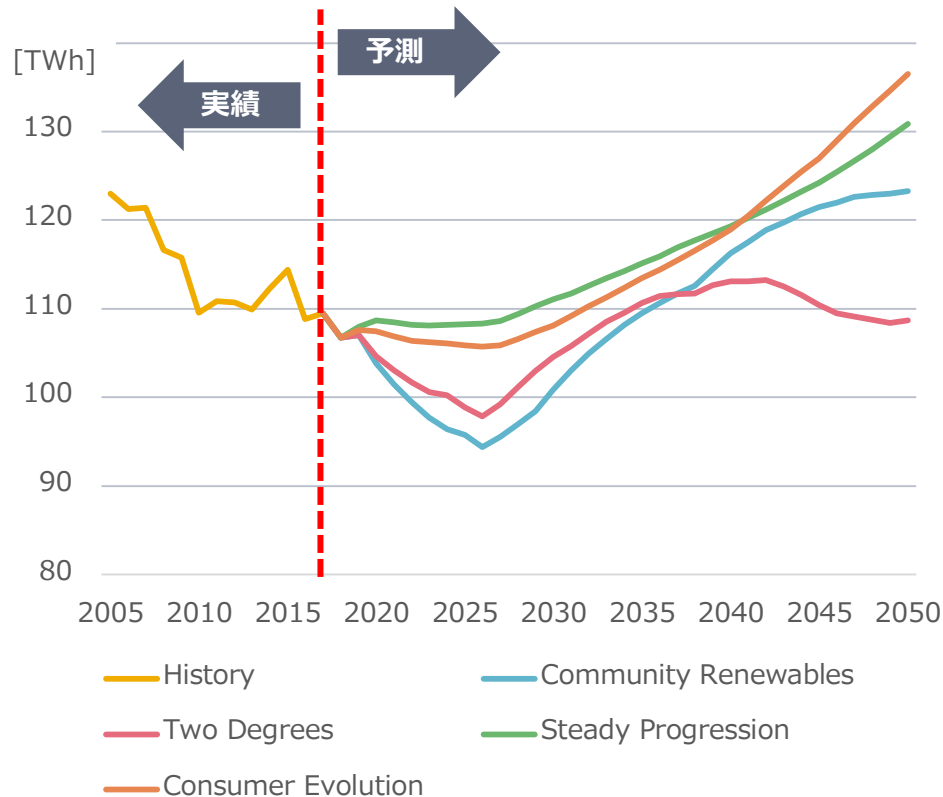
出典：International Energy Agency “Global EV Outlook2019”

## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響

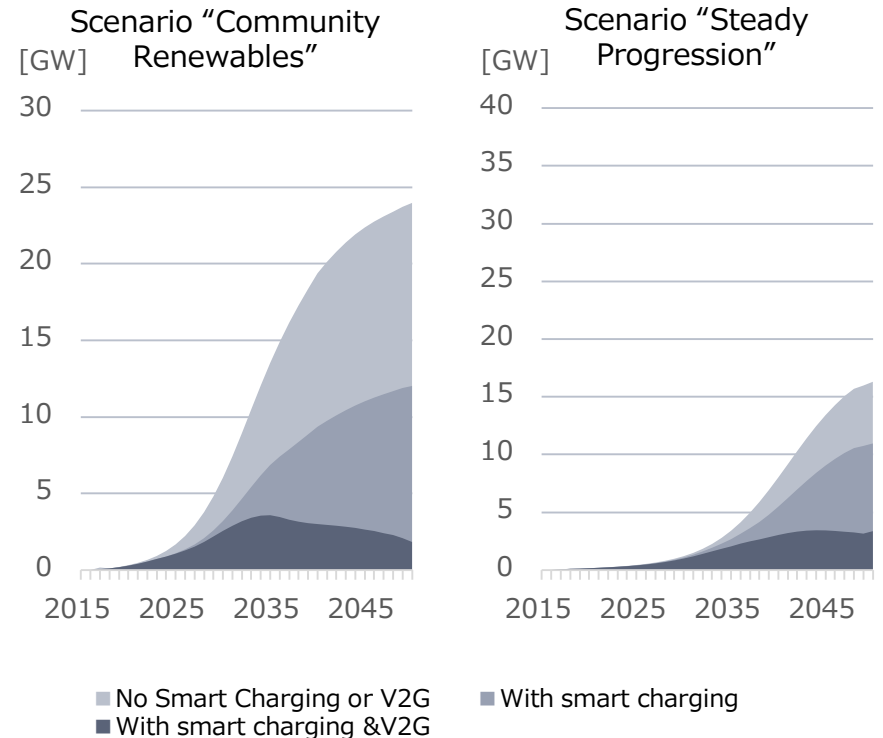
## 電気自動車増加に伴う最大需要電力、電力量への影響

- 英国のNational Grid ESOでは、2050年までの長期需給予測であるFuture Energy Scenario(FES)を毎年更新している。FESでは4つのシナリオが示されており、電気自動車の影響も織り込まれている。
- FESでは、全国の需要電力量は減少するものの、最大需要電力や住宅部門の電力量が増加する見込みが示されており、配電設備容量不足が将来の課題として認識されている。

英国の住宅部門における需要電力量の見通し



"Future Energy Scenario2019"にて示されたEV増加に伴う最大需要電力の変化

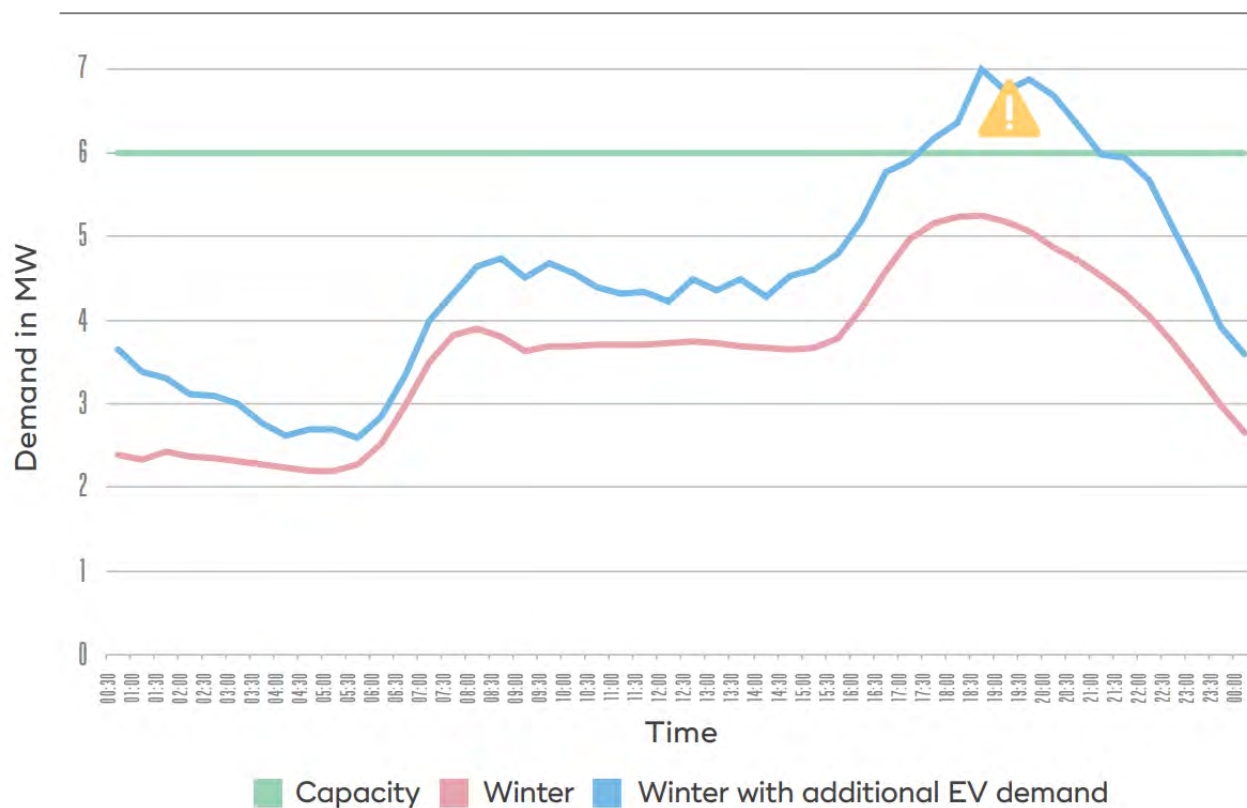


出典：National Grid ESO Future Energy Scenario 2019

## 2. 欧州における系統混雑・電化の影響 配電設備容量不足の懸念

- 英国では2040年に新車販売のすべてを電気自動車のみとする政策を立てており、DNO（配電事業者）は電気自動車が大量導入した場合の対策を迫られている。
- 特に、電気自動車の充電に伴う配電設備容量の不足が懸念されている。

電気自動車普及後の想定需要ロードカーブ(平日の11kV電線)



出典：Western Power Distribution“The Final Electric Nation Report”

1. DeNAの事業概要

2. 欧州における系統混雑・電化の影響

3. Flexibility活用の動向

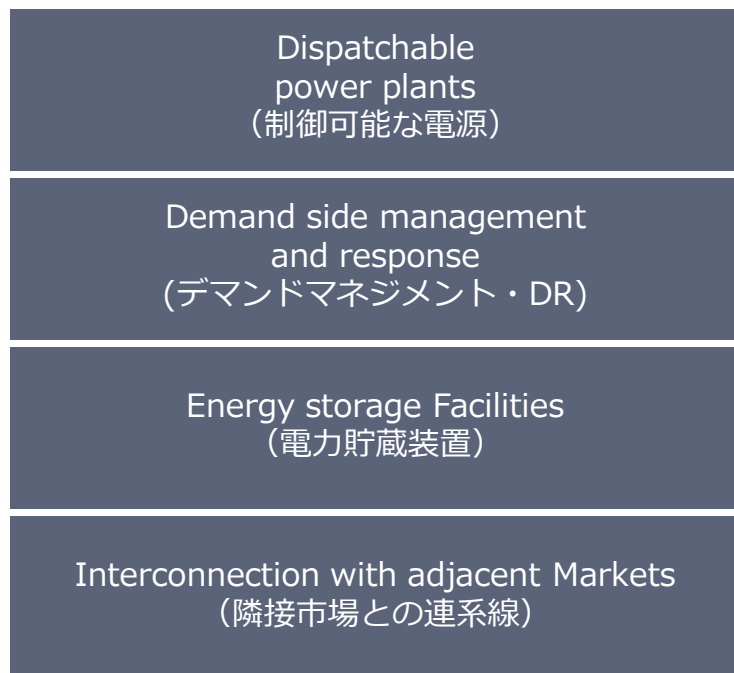
4. 日本への示唆、DeNAの目指す電力事業

### 3. Flexibility活用の動向

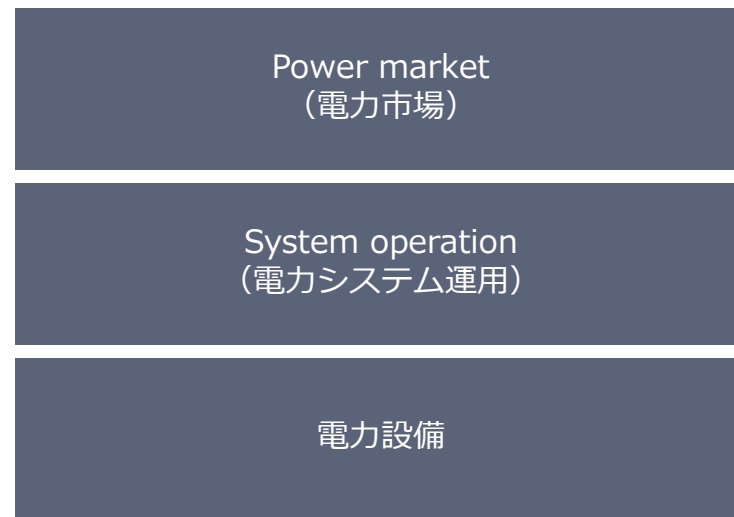
## Flexibilityとは

- 国際エネルギー機関（IEA）では、「電力システムが、予想されるかどうかにかかわらず、変動に応じて電力の生産または消費を変更できる範囲」をFlexibilityと定義している<sup>1</sup>。

#### IEAの定義によるFlexibilityリソース



#### Flexibility取引を行う電力システムの要素



<sup>1</sup> International Energy Agency (IEA) 2011 "Harnessing variable renewables"

### 3. Flexibility活用の動向

## Flexibilityの新たなニーズ

- 欧州では再生可能エネルギーの導入拡大に伴う系統混雑の発生、電化等による電力需要の増加に伴う系統設備容量不足の懸念が生じており、これに伴いFlexibilityの新たなユースケースが生まれつつある。

| Flexibilityの買い手                 | Flexibilityのニーズ                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 系統運用者 <sup>1</sup>              | ① 再エネ供給余剰時の出力抑制回避               |
|                                 | ② ピーク時の供給力確保                    |
|                                 | ③ 事故発生時の緊急用供給力確保(電源脱落時、系統事故発生時) |
|                                 | ④ 周波数調整力の確保                     |
| 送電・配電事業者                        | ⑤ 系統混雑や設備容量不足が見込まれる場合の設備投資回避    |
| 小売・発電事業者<br>(BRP <sup>2</sup> ) | ⑥ インバランス回避、ポジション改善              |

<sup>1</sup> 英国では、系統運用者(National Grid ESO)と送電事業者(National Grid Electricity Transmission Plc, Scottish Power Transmission Limited, Scottish Hydro Electric Transmission Plc)が分離しているため、系統運用者と送電事業者は異なる表記とした。

<sup>2</sup> Balance Responsible Party, 需給調整責任者

### 3. Flexibility活用の動向

## 欧州で勃興しつつあるスマート充電

BRPによる  
Flexibility活用

- 欧州では、再生可能エネルギーの余剰電力を活用し、電気自動車の充電やヒートポンプの蓄熱運転を行う“スマート充電”が商業化されている。

#### Bidding Zone

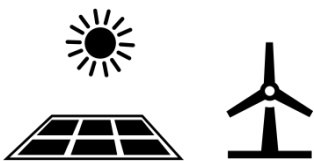
火力発電所など



ウィンドファーム(陸上/洋上)



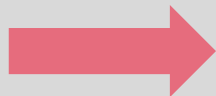
地域の再生可能エネルギー  
(太陽光発電、小型風力 etc)



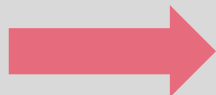
メリットオーダー  
による発電計画



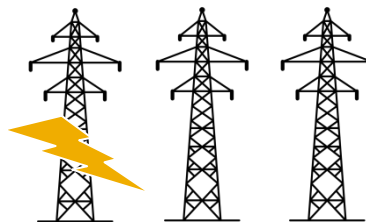
系統混雑に伴う  
出力抑制



送電系統の混雑  
により出力抑制

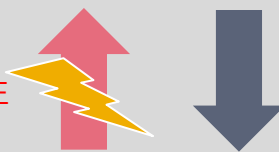


送電系統

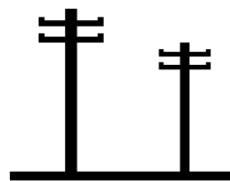


地域内で系統混雑発生  
(将来、設備増強が必要<sup>1</sup>)

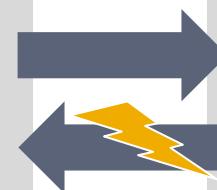
混雑発生



配電系統



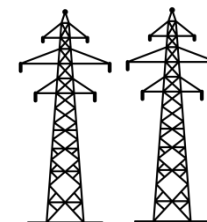
地域間連系線



電力自由化に  
伴って混雑発生  
(既に発生)

#### 隣接のBidding Zone

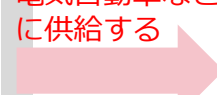
送電系統



電気自動車など  
Flexibilityとなり得る  
リソース



地域の再生エネや  
ウィンドファームの余剰電力を  
電気自動車などに  
供給する



### 3. Flexibility活用の動向

## Flexibilityの運用に伴う電力取引市場の変化

BRPによる  
Flexibility活用

- Flexibility保有者(特にBRP)は、前日市場で電力が安価な時間帯を特定し、当日市場で電力を調達してFlexibilityを運用する行動を取るようになっており、当日市場の取引量が増加している。

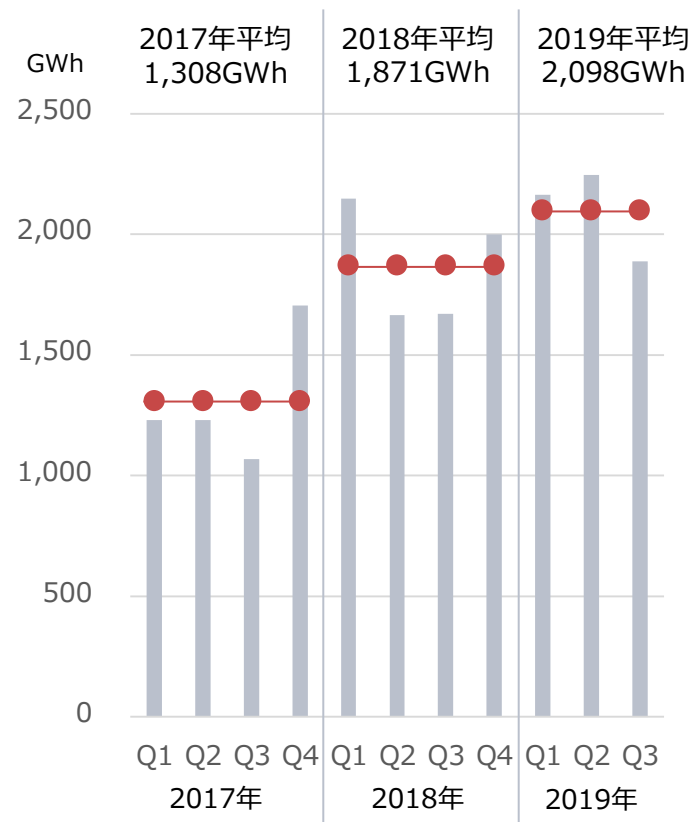
Nord Poolにおける電力取引の流れと、BRP・系統運用者における運用

※青枠はBRPの行動、赤枠は系統運用者の行動を示す

|        |             |             |  |
|--------|-------------|-------------|--|
| スポット市場 | 前日 8:00     | 入札開始        | BRPはFlexibilityの運用を前提としない電力調達計画を立案し、売買入札を行う。     |
|        | 前日 12:00    | 入札締切        |  |
|        | 前日 13:00    | 開札          | 系統運用者はスポット市場の開札結果を元に、系統の混雑管理、予備力の調達を実施。          |
|        | 前日 14:00    | 入札開始        | BRPはスポット市場の落札価格からFlexibilityの運用計画を立案、当日市場で電力を調達。 |
| 当日市場   | 随時          | 開札          | 系統運用者は当日市場の結果から各電源に対して再給電指令(Re-Dispatch)を実施。     |
|        | 実需給<br>1時間前 | ゲート<br>クローズ |  |
|        | 実需給         |             | 系統運用者は周波数調整市場、予備力市場などを通じて調整力を調達                  |

Nord Pool当日市場  
買い入札量の変化

※赤線は年平均入札量





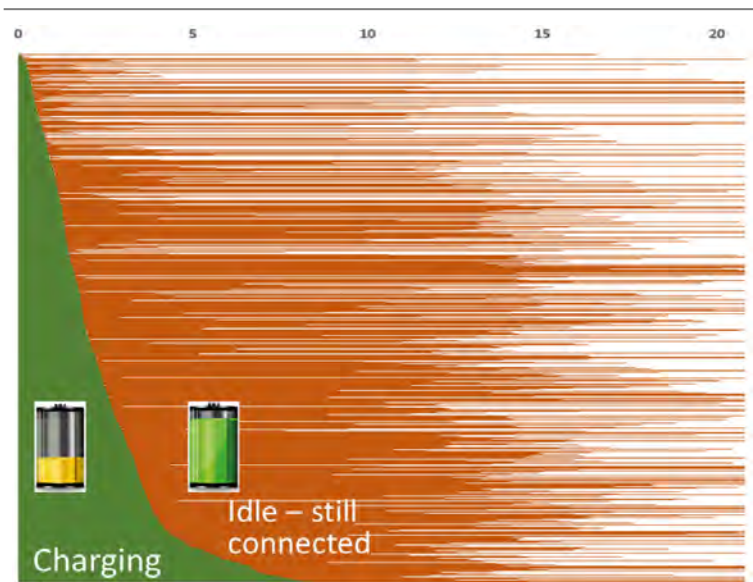
### 3. Flexibility活用の動向

## 事例：Western Power Distributionによる実証事業

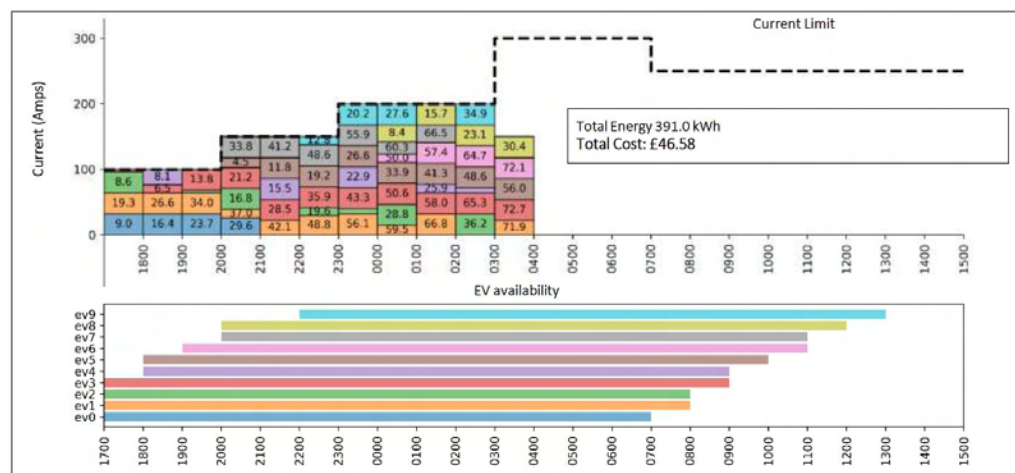
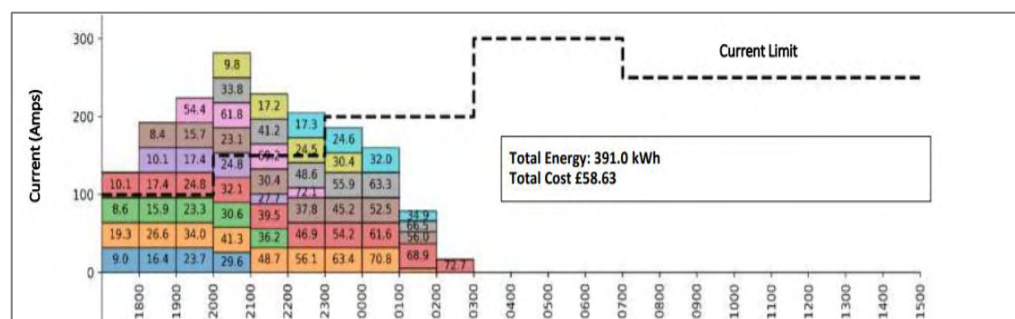
配電事業者による  
Flexibility活用

- 英国西部のDNO、Western Power Distributionでは、将来予想される電気自動車の大量導入とそれに伴う配電設備容量増加対策としてのEV充電の負荷移行を目的とした実証事業“Electric Nation”を実施。
- 2019年に実証事業の結果が公表されたが、スマートチャージによってユーザーの充電パターンを変化させることができ、配電設備投資の削減に寄与できることを証明した。

実証において取得できた電気自動車の  
充電器接続状況と充電時間のデータ



電気自動車の充電時間制御による負荷移行のイメージ

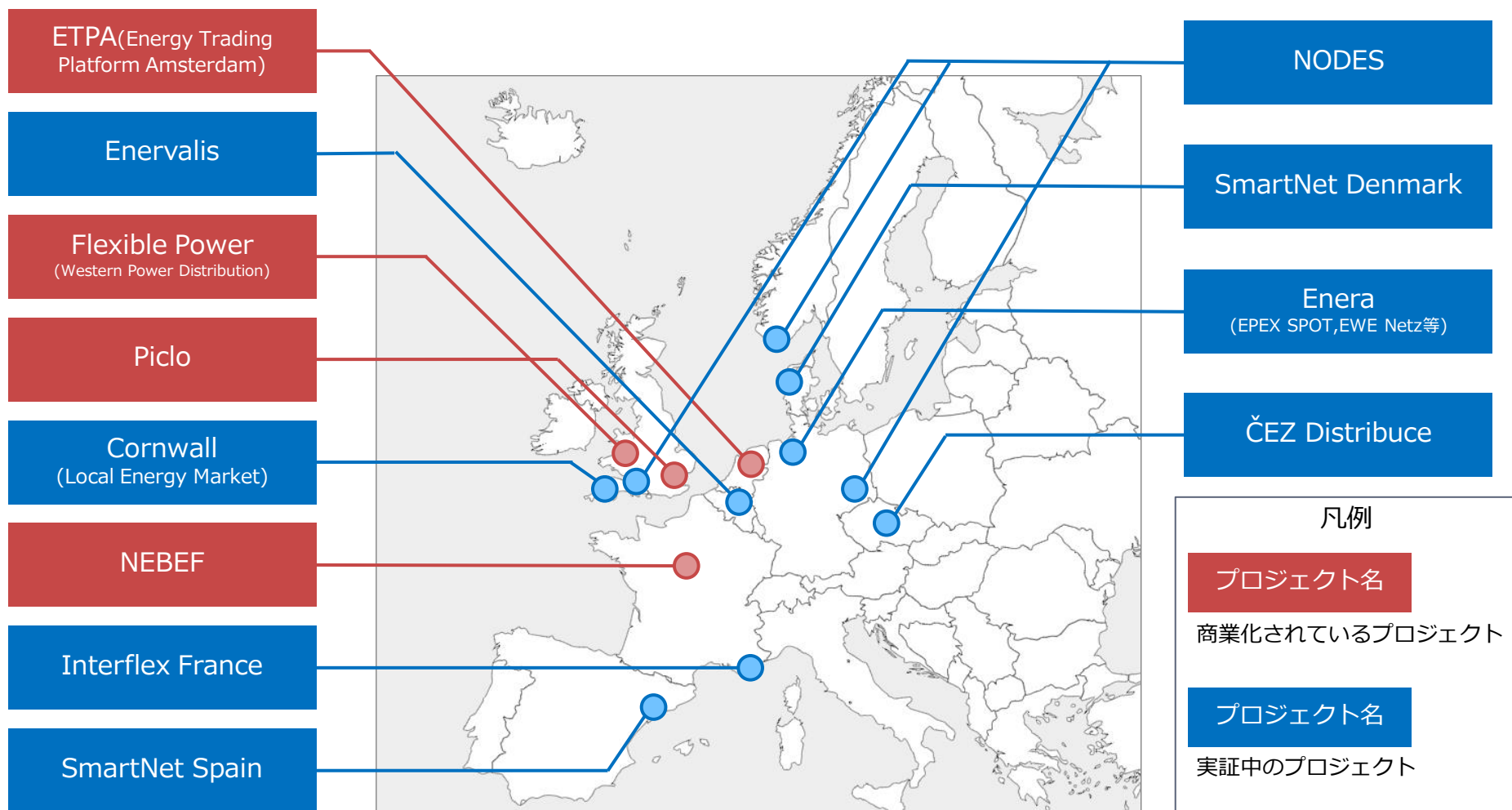


出典：Western Power Distribution 「The Results of the Electric Nation Smart Charging trial」

### 3. Flexibility活用の動向

## 欧州におけるFlexibility取引の主要プロジェクト

- 欧州では多くのFlexibility取引の実証プロジェクトが実施中で、一部では商業化が始まっている。
- 調達目的や調達主体はそれぞれ異なる。



ENTSO-E資料、DeNA調査結果を元に作成

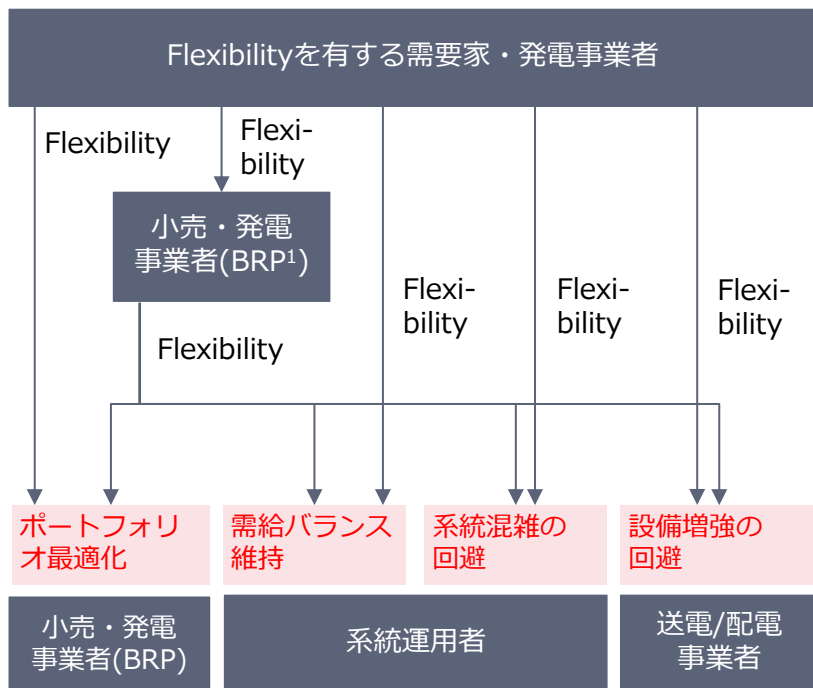
### 3. Flexibility活用の動向

## Flexibility Marketplaceの登場

- Flexibilityのニーズが多様化したことに伴い、Flexibility取引に透明性を高める観点から、Flexibility Marketplaceの創設を目指す動きが出てきている。

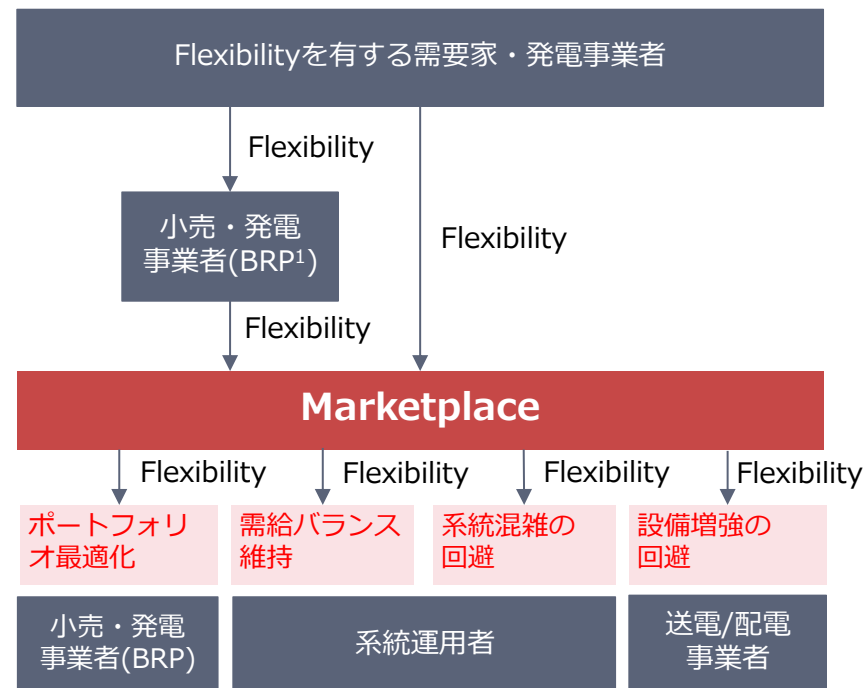
#### 現在のFlexibility取引

- Flexibilityの調達目的によってさまざまな調達プラットフォームが出現
- 取引が複雑化し、透明性に欠ける状態



#### Flexibility Marketplace

- Marketplaceにより、Flexibility取引を透明化
- Flexibilityに対する制御は行わない



1 アグリゲーターを含む。

### 3. Flexibility活用の動向

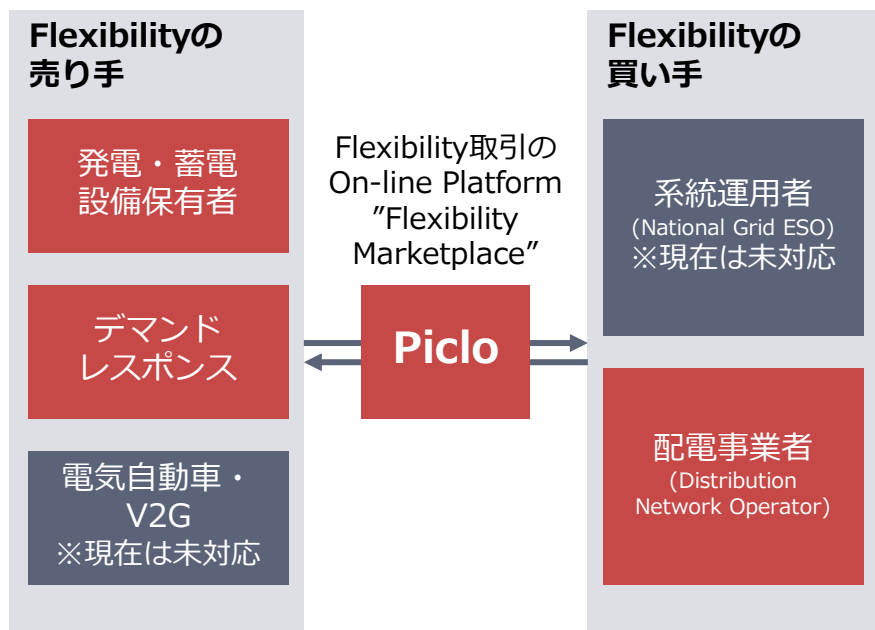
## 事例：Picloによる“Flexibility Marketplace”

Flexibility Marketplace

- Piclo社は2013年ロンドンで創設されたスタートアップで、Flexibilityの売り手と買い手を仲介するMarketplaceの構築を目指している。現在はDNO向けのプラットフォームのみ展開している。
- 2018年英DNO 6社との実証が完了し、DNO3社<sup>1</sup>とは商業ベースでFlexibility取引仲介<sup>2</sup>事業を実施。

### Picloのビジョンとビジネスモデル

※赤枠は現在の対応範囲

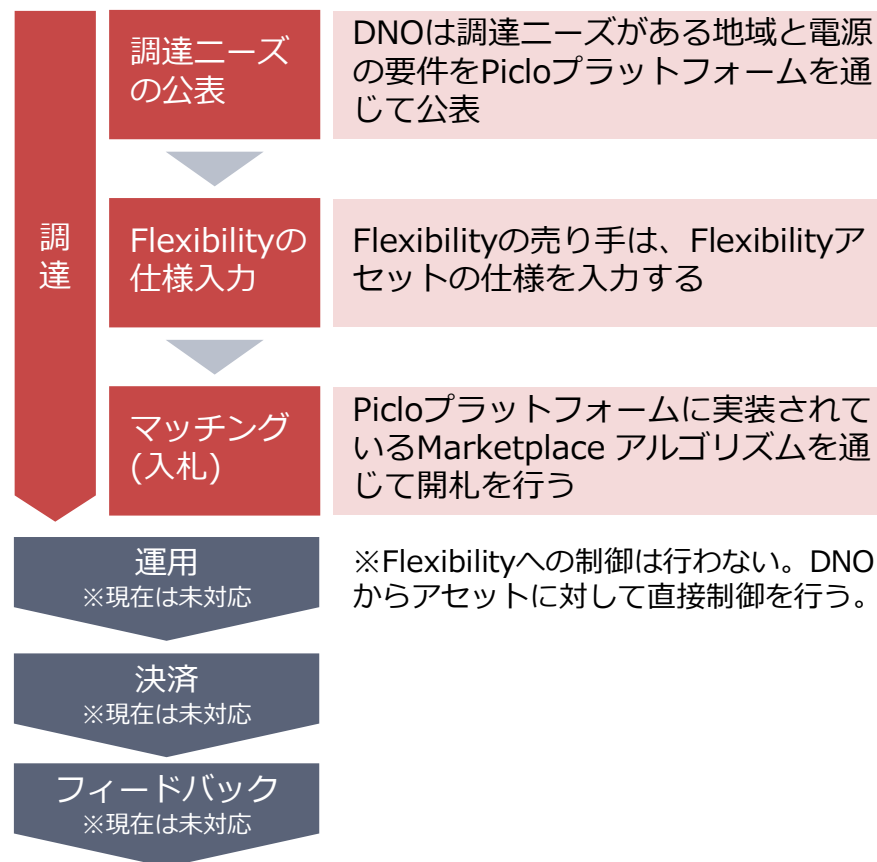


1 UK Power Networks、Scottish and Southern Energy Networks、SP Energy Networks

2 現在は買い手が配電事業者のみであり、買い手が複数事業者ではないことから市場と呼べる状況ではないため、“取引仲介”との表現にした。

### Picloの機能

※赤枠は現在の対応範囲



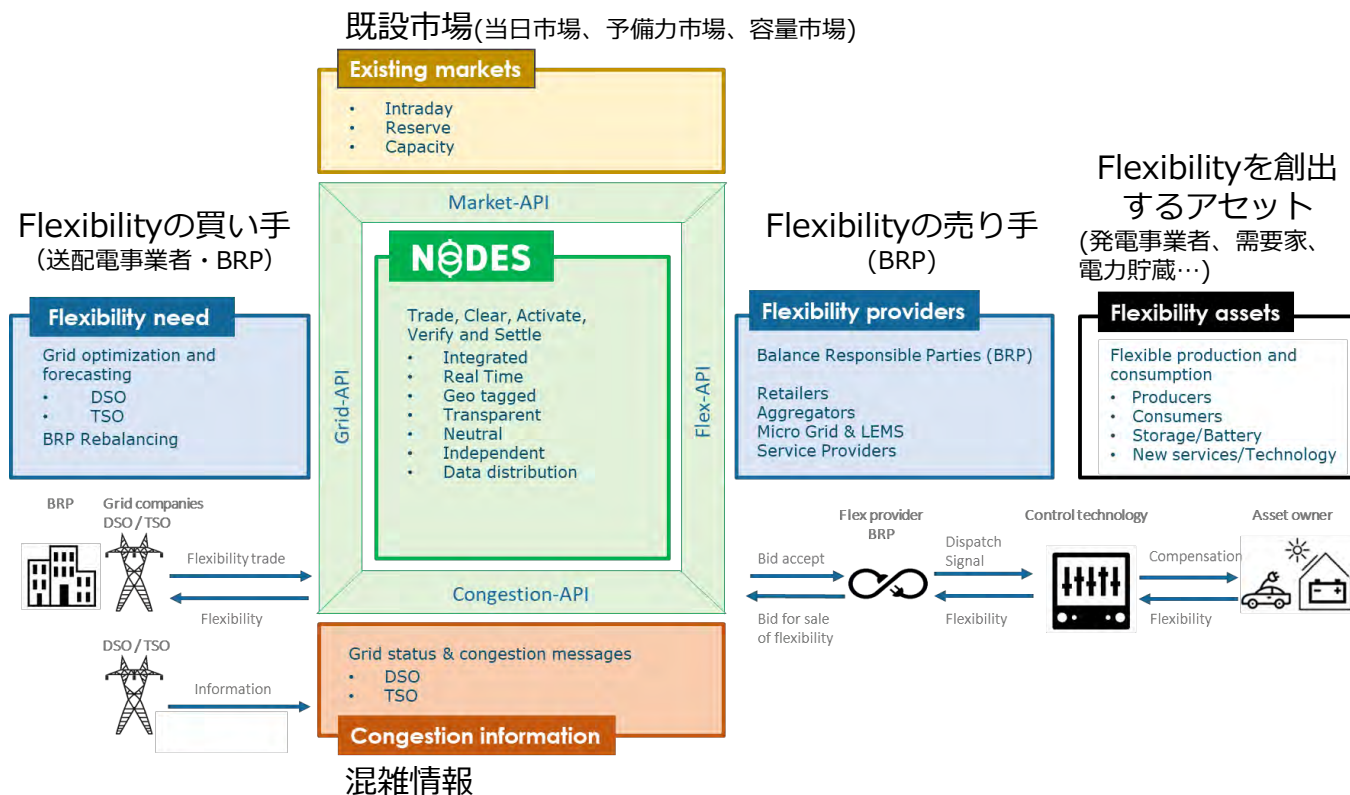
### 3. Flexibility活用の動向

## 事例：NODESによる“NODES Marketplace”（1/2）

**Flexibility Marketplace**

- NODESは北欧の電力取引市場であるNord Poolの子会社であり、送電/配電事業者、発電・小売事業者 (BRP)が透明性をもってFlexibilityを取引できる市場の創設を目指している。

### NODESのビジネスモデル全体像



### NODESの機能

※赤枠は現在の対応範囲

混雑が予想される  
変電所の特定

Flexibilityの評価

Flexibility情報の管理

(DRの場合) Flexibilityの  
量・価格の予測

潮流分流係数を活用した  
Flexibilityの最適運用支援

決済

電圧制御が必要な地域の  
特定と無効電力取引支援

出典：NODES社・Nord Pool Consulting社提供資料 “NODES - marketplace for decentralised flexibility”



### 3. Flexibility活用の動向

## 事例：NODESによる“NODES Marketplace”（2/2）

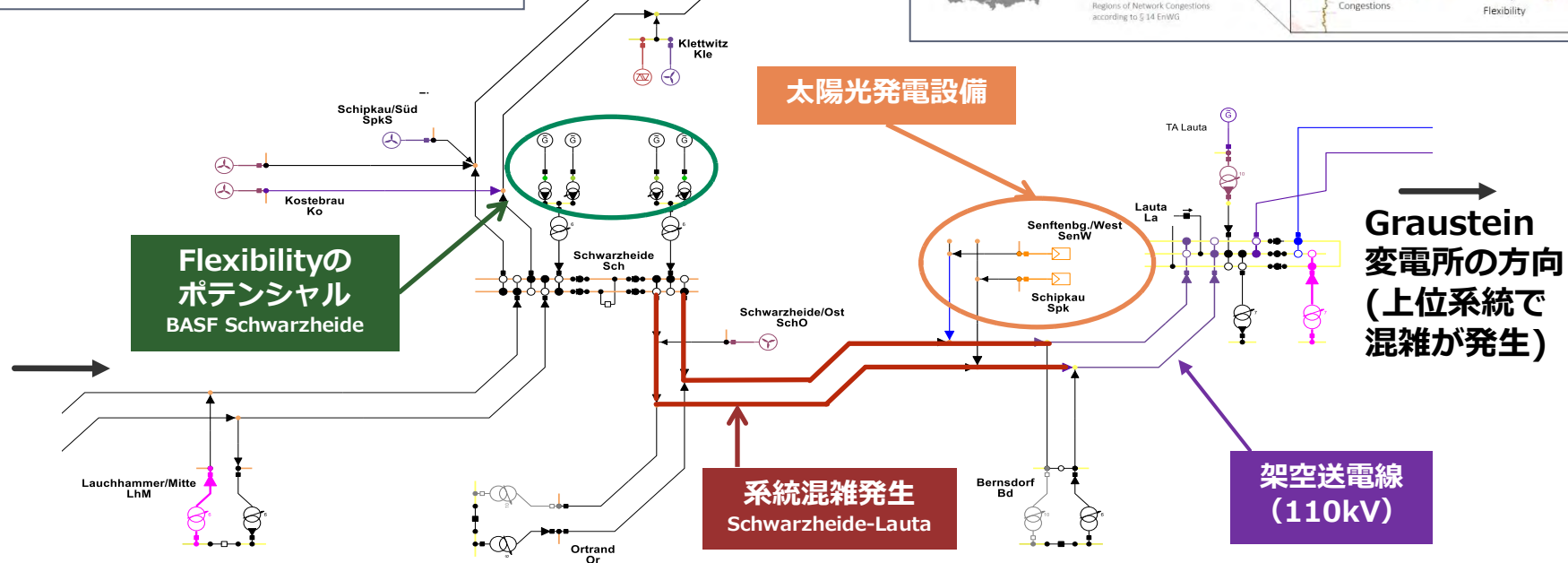
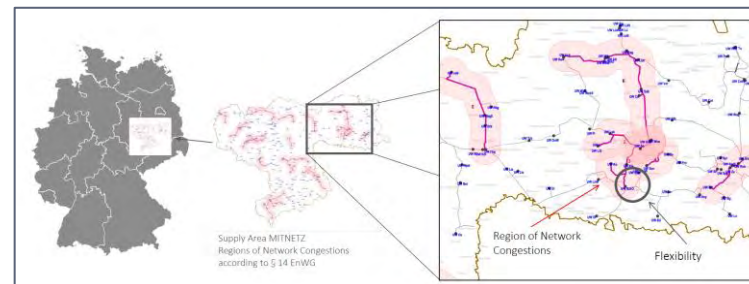
Flexibility  
Marketplace

- NODESでは現在、配電事業者向けにFlexibility Marketを創設する実証事業を行っているが、当日市場との統合を目指しており、将来的には予備力市場との統合を目指す方針。

Mitnetz<sup>1</sup>と行った配電系統混雑解消を目的とした実証

- 系統混雑解消を目的とした実証
- Flexibilityのポテンシャルと太陽光発電設備が存在し、上位系統（50Hertz）の混雑が顕在化しているエリア
- 潮流分流係数を用いて、出力制御するリソースを特定

↑ **Großräsch  
変電所の方向**



1 ドイツ東部の配電事業者。需要家数は230万世帯。

出典：NODES社・Nord Pool Consulting社提供資料“NODES - marketplace for decentralised flexibility”

1. DeNAの事業概要

2. 欧州における系統混雑・電化の影響

3. Flexibility活用の動向

4. 日本への示唆、DeNAの目指す電力事業

## 日本への示唆

- 欧州ではFlexibilityのニーズが多様化し、Flexibility Market創設に向けた動きが出ているが、日本ではFlexibilityの開発が必要な段階。

|                     | 欧州の動向   | 日本の現状  |
|---------------------|---|--|
| Flexibilityの<br>ニーズ | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 系統運用者やBRPに加えて配電事業者もFlexibilityの調達を行う動きが出ており、ニーズが多様化。</li> <li>• 取引の透明性を高める観点から、Flexibility Marketの必要性が高まっている。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilityの供給源は大半が大規模集中電源。</li> <li>• Flexibilityは、旧一般電気事業者のBGにおける活用若しくは調整力としての活用(電源I'など)に限られている。</li> </ul> |
| 小売事業者・<br>BRPの動向    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 小売事業者は電化されたリソースの取り込みに対して積極的。リソースをFlexibilityとして運用するケースが散見される。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 小売事業者は、高収益顧客の獲得に注力しており、既存需要家への更なるサービスの提供や顧客満足度上昇につながる取り組みは限定的。</li> </ul>                                     |
| 電力取引<br>市場の動向       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• BRPでは、当日市場を活用して需要側Flexibilityを運用するケースが増加しており、主にインバランス回避やポジション改善に活用している。</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 当日市場はあくまで前日市場を補完する役割。</li> <li>• 新規参入の小売事業者(旧一電の域外供給を含む)は、電力取引市場や相対契約電源からの電力調達に頼っている。</li> </ul>              |

- 新規参入の小売電気事業者(旧一電の域外供給を含む)は、現在は電力取引市場や相対契約電源からの電力調達に頼っているが、再エネの市場統合が進むにつれてFlexibilityの活用によるインバランス回避・ポジション改善のインセンティブが高まる。
- 今後、小売電気事業者は、電化の促進やFlexibilityの取り込み・活用方法の検討が必要になると考えられる。
- 当日市場の活性化についても議論が必要と認識。



## 4.日本への示唆、DeNAの目指す電力事業 DeNAの目指す電力事業

- 日本でも再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、系統混雑が顕著になり地点別価値を明確化する必要性が高まるのではないかと考えられる。
- DeNAでは様々な小売電気事業者と連携して、セクターカップリングを進めていきたいと考えている。
- 電化したリソースと、DeNAが有するデジタル技術（データサイエンス、IoT、AI）を活用し、自律分散型社会の実現を目指している。

### 弊社の既存オートモーティブ事業

#### MOV(モブ)

AIを活用する次世代  
タクシー配車アプリ




#### Anyca(エニカ)

"乗ってみたい"に出会える  
個人間カーシェアリングアプリ



#### DRIVE CHART

AIとIoTを活用した商用車向け  
事故削減支援サービス



#### 信号プロジェクト

自動運転車両に携帯電話網を用いて  
信号情報を送るプロジェクト



※「MOV」「Anyca」「DRIVE CHART」は株式会社ディー・エヌ・エーの登録商標です。

など

**DeNA**

**株式会社ディー・エヌ・エー  
エネルギー事業推進室**

東京都渋谷区渋谷2-21-1渋谷ヒカリエ