

3. HP 給湯器を用いたデマンドレスポンスによる影響評価

3.1 我が国におけるデマンドレスポンスの動向

昨年度調査において、再生可能エネルギー対応としてのデマンドレスポンス（以下、DRとも記載）に着目し、関連技術動向調査、量的ポテンシャルの把握や、電力システム評価モデルを用いた定量評価を行い、今後、再生可能エネルギー対応として必要になるデマンドレスポンスの種類・役割を分析した。

DRの普及拡大にあたっては、需要家や電力市場においてどのように評価されるかが鍵となる。現状、省エネ小委員会やERAB検討会、再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会といった場で、DRの利活用やビジネス振興に向けた事業環境整備が進んでいる。

同時に、2020年の発送電分離に向けた電力市場の詳細制度設計が急速に進んでおり、その中でDRの位置づけや評価についても議論が進んでいるところである。今年度、議論がなされた検討会は下記のとおり。

表 3-1 DRに関する検討状況

| 大項目 | 小項目 | 開催時期 | デマンドレスポンス関連の検討概要 |
|---------------|---|----------------------|--|
| 総合資源エネルギー調査会 | 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会 | 平成25年11月～ 平成29年8月 | ・デマンドレスポンスの普及状況 ・エネルギー供給事業者に関する必要な措置 |
| | 電力・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代ネットワーク小委員会 | 平成29年12月～ | ・上げDRについて |
| | 電力・ガス事業分科会電気・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会 | 平成29年3月～ | ・需給調整市場・容量市場におけるDRの位置付けと今後の検討方針 |
| 研究会 | エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会 | 平成28年1月～ | 全般がDRに関係するが、直近では以下。 ・上げDRについて |
| 電力・ガス取引監視等委員会 | 制度設計専門会合 | 平成27年10月～ | ・ネガワット取引 ・平成30年度向け調整力公募の結果 |
| 電力広域的運営推進機関 | 調整力及び需給バランス評価等に関する委員会 (調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会) | 平成28年4月～ | ・需給調整市場におけるDRの活用について ・需給調整市場の運営の在り方に関する基礎検討 |
| | 容量市場の在り方等に関する検討会・勉強会 | 平成29年3月～ | ・容量市場におけるDRの参加について |

需要抑制型DR（以下、下げDRと呼称）については、2017年4月にネガワット取引市場が開設され、また調整力公募においても電源I'（厳気象対応として一般送配電事業者が確保する供給力）においてDRが多数落札されるなど、市場環境整備や事業活動が進展しつつある。他方、需要造成型DR（以下、上げDRと呼称）については、実現例がなく、今後再生可能エネルギー大量導入に対応した上げDR推進上の課題を整理し、実現に向けた方策を立案していくことが重要である。

同時に、国内外において、再生可能エネルギーの変動対応や蓄電池を利活用した電気料金メニューやビジネスモデルが顕在化している。

以上を踏まえ、本章では DR に関連する政策動向や電力市場設計の動向、ならびに電気料金メニューの動向について整理しつつ、特に上げ DR 実現に向けた今後の課題について整理した。

3.1.1 DR 関連政策動向

(1) 省エネルギー政策との関係整理

省エネ法では、蓄電池や自家発の活用により、夏冬の電気需要平準化時間帯におけるピークカット等（電気需要平準化）に資する取組を評価する仕組みを構築している。

電気需要平準化時間帯は、7月～9月及び12月～3月の8時～22時（土日祝日を含む）であり、当該時間帯に太陽光発電からの発電量の増加が見込まれる。他方、当該時間帯に上げ DR に参加する事業者が需要をシフトして需要創出をすると、省エネ法で不利な評価を受ける可能性があるため、上げ DR を発動して再エネ由来の電気を積極的に利用する行為を省エネ法において勘案する仕組みを検討する必要がある。これは、「省エネルギー小委員会 意見」における提言（平成 29 年 8 月 4 日）で指摘された。

<省エネ法における電気需要家平準化の概要>

- 電気需要平準化とは、電気の需要量の季節又は時間帯による変動を縮小させること。
- 電気の需給状況に照らし、電気需要平準化の取組を行うべき時間帯（電気需要平準化時間帯）を設定。
- 事業者が取り組むべき措置に関する指針の策定。
例 1) 自家発電設備の活用や空調等の熱源変更
例 2) 蓄電池・蓄熱システムの活用や電気を使用する機械器具の運転時間の変更
- 事業者が電気需要平準化の取組を実施した場合、電気需要平準化評価原単位の算出においてプラスに寄与。
- 需要家への情報提供等、需要家の電気需要平準化の取組に資する電気事業者等の措置について、省エネ法上で規定。

出所) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会（第 22 回） 資料 2 等

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/saiseikanou_jisedai/pdf/003_02_00.pdf) 2018 年 3 月 19 日閲覧

(2) エネルギーリソースアグリゲーションビジネス（ERAB）推進政策上の整理

ERAB 検討会は、経済産業省の研究会として、アグリゲーションビジネス発展を目的として実施されている。今年度は、昨年度より引き続きヴァーチャルパワープラント（VPP）実証事業が進められているとともに、下部のワーキンググループ（非公開）にて各種詳細検討が進められている。

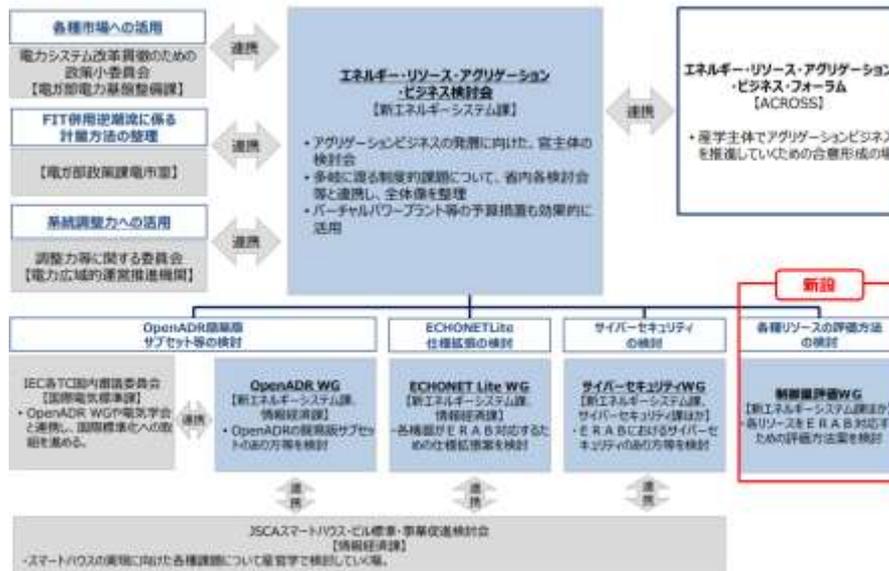


図 平成 29 年度の ERAB の検討体制について

出所) 第 5 回 ERAB 検討会 (平成 29 年 3 月 8 日) 資料 9-2 「来年度の取組」

(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/pdf/005_09_02.pdf)

2018 年 3 月 19 日閲覧

制御量評価 WG (非公開) において、「VPP・DR に関する定義」を改めて整理したうえで、「上げ DR についての整理」が実施された。これらの検討結果は、ネガワット取引に関するガイドラインの改訂に反映され、平成 29 年 11 月 29 日、エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネスに関するガイドラインとして公表された。

今年度の検討項目

- 2018 年度調整力公募の時期(秋頃)を境に前・後半を分けてそれぞれ議論を行う。



出所) 第 6 回 ERAB 検討会 (平成 29 年 9 月 29 日) 資料 8 「制御量評価 WG からの報告」

(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/pdf/006_08_00.pdf) 2018

年 3 月 19 日閲覧

上げDRは、「DRのうち、需要を増加させるもの。需要創出型DRともいう。」と定義され、ユースケース（UC）としては以下の2ケースが示された。

- UC①：出力制御回避

出力制御が発動する場合に、蓄電池等により需要創出することで、再エネ発電を最大限活用。

- UC②：調整力提供

需要家側の蓄電池充電、負荷制御量等を集め、送配電事業者に対して需給調整市場（2020年度創設目途）等を通じ、各種サービスを提供。

ベースライン設定上の考え方は以下のとおり整理され、今後も検討とされている。

- UC①のベースライン

出力制御回避は、GC前に、前もって応動する時期が予想できると想定できるため、現行のネガワットガイドラインにおける「反応時間・持続時間が比較的長いDR」のベースライン設定方法を基に検討を実施。

現状は下げDRのベースラインと同じ考え方をを用いるものとし、今後実証結果の検証等を通じて、引き続き詳細な設定方法を含む改訂の検討を行うこととした。

- UC②のベースライン

現行のネガワットガイドラインでは、電源I-b等に対応した「反応時間が短く、持続時間が長いDR」のベースラインが定められていない。このため、上げDRのみならず、下げDRも含めたベースラインの設定が必要。

電源I-bに対応したベースライン設定方法等の検討は、今年度の後半に検討を行う。

また、「再エネ出力制御回避の実現に向けた論点」として、下表のとおり整理されており、FIT法上の位置づけやルール整備の必要性、出力制御システムとの関係性が問題提起されている。

表 3-2 再エネ出力制御回避の実現に向けた論点

| 論点 | 概要 |
|--------------------|--|
| 出力制御回避の制度上の位置付け | <ul style="list-style-type: none"> ● 系統運用者にとって、上げ DR の制度上の位置づけが無い中、出力制御取消の根拠が不明確であり、出力制御回避の位置付けの明確化が必要。 ● 下げ DR 同様、託送供給等約款における位置づけが必要（不足インバランスと扱わない）。 |
| 出力制御の公平性ルールにおける取扱い | <ul style="list-style-type: none"> ● 資源エネルギー庁において出力制御の機会の公平性等を定めた「出力制御の公平性の確保に係るガイドライン」を策定（4月に施行）。 ● 出力制御回避を実施した場合、当該発電設備における出力制御実績としてカウントされるか等、公平性ルールにおける整理が必要。（カウントされない場合は再エネ事業者にとっての上げ DR のインセンティブが減る。）また、上げ DR 資源確保の公平性も論点となりうる。 |
| 市場活用のあり方 | <ul style="list-style-type: none"> ● 現在検討中の出力制御ルールでは、時間前市場の取引前に出力制御指令が出され、出力制御回避の取引は時間前市場と同時間帯に行われると想定される。 ● 出力制御回避の取引における時間前市場活用の可能性について検討が必要。 |
| 出力制御システムのあり方 | <ul style="list-style-type: none"> ● 系統運用者－再エネ発電事業者間における出力制御システムの検討を実証事業において行っている。 ● 双方向通信等、出力制御の結果を取得できるようなシステムのあり方の検討が必要。 |

出所) 第6回 ERAB 検討会 (平成 29 年 9 月 29 日) 資料 8 「制御量評価 WG からの報告」

(http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/energy_resource/pdf/006_08_00.pdf)

2018 年 3 月 19 日閲覧

(3) 再生可能エネルギー大量導入に向けた政策上の整理

今後の再生可能エネルギーの大量導入に伴って生じる出力変動への対応に際して、再エネ出力変動により発電（供給）が過多となる場合の対応（長期変動対応）、または DR を活用したより高度な調整力（短期変動対応）として上げ DR を活用することが期待されている。

総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会の第3回会合において、新たな調整力の活用という位置づけで、上げ DR の制度整備が改めて論点整理された。

同じ資料では、用途を踏まえた上げ DR のユースケースは、以下のような例が考えられている。

表 3-3 上げ DR のユースケース

| DR の種類 | | 上げ DR の検討 タイミング | 上げ DR の買い手 | 上げ DR が活用される状況 |
|-----------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|
| 小売電気料金型 DR | | 電気料金により 需要が増えるの で該当せず | 小売電気 事業者 | 電力供給過剰となる際、卸電力 市場が低下し、電気料金も連動 して安くなれば、それに伴い需 要が増加する。結果として上げ DR が発生。 |
| インセンテ ィブ型 DR | 2-1 出力抑制 回避対応 | 出力抑制の指令 の前後 | 再エネ発 電事業者 または 小売電気 事業者等 | 出力抑制の指令前後のタイミン グで、対象となる再エネ発電事 業者の余剰供給力を埋めるため の需要として、上げ DR を活用。 |
| | 2-2 再エネ誤差 対応 | スポット市場約 定後～ゲートク ローズ前 | 再エネ買 取事業者 (海外の 事例) | 実需給断面から前々日の気象予 測による需給計画からのズレに より発生した余剰供給力を埋め るための需要として、上げ DR を 活用。 |
| | 2-3 調整力利用 | ゲートクローズ 後 | 一般送配 電事業者 | 実受給断面の調整力として上げ DR を活用。 |

出所) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 (第3回) 資料2

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/saiseikanou_jisedai/pdf/003_02_00.pdf)

2018年3月19日閲覧

第6回 ERAB 検討会における整理 (表 3-2) と比較すると、小売電気料金型 DR や再エネ誤差対応のインセンティブ型 DR が新たに想定されており、時間軸と活用される状況もより明確に整理されている。

また、上げ DR の種類別に課題と今後の対応が示されている。

表 3-4 上げ DR の種類別課題と今後の対応

| DR の種類 | 課題と今後の対応 |
|-------------|--|
| 小売電気料金型 DR | <ul style="list-style-type: none"> ● 再生可能エネルギーの出力変動により発電量が過多となる場合に、卸電力市場の取引価格が下がる等、価値が下落した電気を用い、調達コストに連動して安価になるような小売電気料金メニューが当てはまる。 ● 実際に、夜間帯メニュー等、電気の価値を踏まえた料金メニューはピークシフトに貢献する実例があるが、再生可能エネルギーの大量導入による市場価格変動を踏まえた小売料金メニューは十分に普及していない。 |
| インセンティブ型 DR | <ul style="list-style-type: none"> ● 発電量が過多となることを見越して需要が引き上げられるなど、再エネ発電事業者と小売電気事業者等の連携を進めることが重要。その他市場全体の議論を踏まえて検討を進めてはどうか。 |
| 上げ DR | <ul style="list-style-type: none"> ● また、上げ DR を短期変動対応（調整力）として活用する方法は、一般送配電事業者による調整力の確保（需給調整市場）において環境の整備等が行われており、上げ DR の実証も通じ、実装に向けた検討を進める。 ● 併せて、上げ DR を発動して再エネ由来の電気を積極的に利用する行為を省エネ法において勘案する仕組みにつき、制度整備に向け検討を進める。 |

出所) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会/電力・ガス事業分科会 再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会（第3回）資料2

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/saiseikanou_jisedai/pdf/003_02_00.pdf)

2018年3月19日閲覧

以上をまとめると、今後上げ DR 活用に向けて以下の施策推進が見込まれる。

- 小売事業者に対する小売電気料金メニューの多様化促進。
- 需給調整市場の制度設計や、卸取引市場で再エネ電気が活発に取引される環境が必要
- 省エネ法において不利に評価されないような上げ DR 勘案の仕組み構築

3.1.2 電力市場設計の動向

電力システム改革の3つの目的（①安定供給の確保、②電気料金の最大限の抑制、③事業者の事業機会及び需要家の選択肢の拡大）に加えて、3E+Sを、事業者の経済合理的な行動を通じてより効率的に達成する観点から、必要な市場等を整備するとしている。

他方で、実際に整備するにあたっては、電力が他の財とは異なる特性（同時同量・送電制約等）を有していることや市場支配的な事業者の存在を念頭に置く必要がある。

現在、電力の有する価値を4種類に整理した上で電力市場整備が進められている。

表 3-5 電力の持つ価値および各種市場の対応関係

| 価値 | 価値の概要*1 | 卸電力市場*2 | 容量市場*3 | 需給調整市場 | 非化石価値取引市場 |
|-------|------------------------|---------|--------|--------|-----------|
| kWh | 実際に発電された電気 | ○ | | ○ | |
| kW | 将来の発電能力（供給力） | | ○ | ○*5 | |
| ΔkW | 短期間の需給調整能力 | | | ○ | |
| 非化石*4 | 非化石電源で発電された電気に付随する環境価値 | | | | ○ |

(*1) 上図は電源を想定して記載しているが、ネガワット等は需要制御によって同等の価値を生み出すことが可能。

(*2) ベースロード電源市場は、一義的には kWh 価値を取引する卸電力市場（先渡市場の一部）として整理可能であるが、同市場における kW 価値の扱いについては、今後整理が必要。

(*3) 容量市場においては、電源の最大出力に調整係数を乗じる等し、供給力として見込めるものを取り扱う kW 価値と定義する。

(*4) 環境価値は非化石価値に加えて、それに付随する様々な価値（ゼロエミ価値等）を包含した価値を言う。

(*5) 調整力公募では kW 価値は ΔkW 価値と一体で取引されている。

出所) 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会 制度検討作業部会（第1回）資料5

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/denryoku_gas_kihon/seido_kento/pdf/001_05_00.pdf) 2018年3月19日閲覧

(1) 卸電力市場における DR の扱い（kWh 価値）

平成28年の改正電気事業法（第3弾）において、小売電気事業者等が供給力として活用する節電電力量（ネガワット量）を発電電力量と同様、一般送配電事業者が行なう電力量調整供給（インバランス供給）の対象と位置づけた（供給力の市場化）。これにより、小売電気事業者等は、ネガワット供給がなされない場合にも計画通り供給力調達ができるようになった（平成29年4月より）。

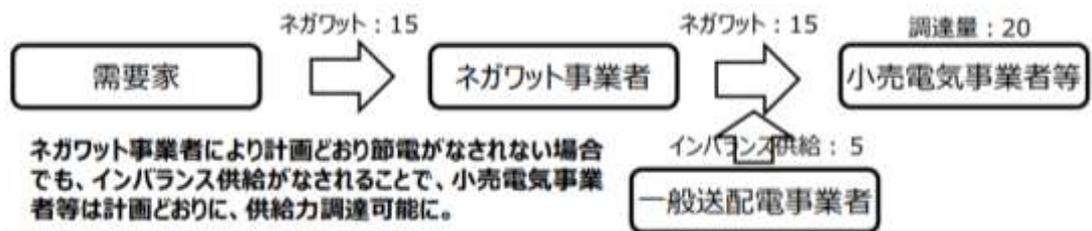


図 3-1 卸電力市場におけるネガワット取引の位置づけ

出所) 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会
(第4回) 参考資料 ディマンドレスポンスについて 平成29年4月20日

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/denryoku_gas_kihon/seido_kento/pdf/004_s01_00.pdf) 2018年3月20日閲覧

上げDRについては、これまで卸電力市場における扱いが整理されていない。通常の需要と同じと扱うか、下げDRの逆と位置づけてインバランス供給等に関して特別に位置づけるか、複数の選択肢が考えうる。今後どのようなユースケースで上げDRが実施されるかによって、必要な措置が検討されるものと考えられる。

(2) 容量市場におけるDRの扱い (kW 価値)

小売全面自由化以降、卸電力市場の取引拡大や、FIT制度等に伴う再エネの導入拡大によって、電源投資の予見性が低下している。中長期的に、国全体で必要となる供給力・調整力を確保するための設備の新設や維持が困難になっていく懸念がある。

こうした懸念に対応するため、①あらかじめ市場管理者(広域機関)が需要のピーク時に電気を確実に供給できる能力(kW)を確保し、②実需給時に能力に応じて、発電事業者に一定の費用を支払う容量市場の導入が検討されている。

ネガワットは容量市場において、①小売事業者が確保すべき容量(kW)を削減する(Implicit型)、②容量として取引される(Explicit型)という2つの観点から活用されることが期待される。特に短期的な断面では、需要削減を通じて電源と同等の効果を発揮できるため、ピーク時間などに発動されれば、電源の建設・運用コストを下げることを期待される。そのため、容量市場においても、電源と特性の違い等に留意しつつ、DRによるネガワット参加について検討を進めていくこととしている。

【容量市場におけるネガワットの活用方法】

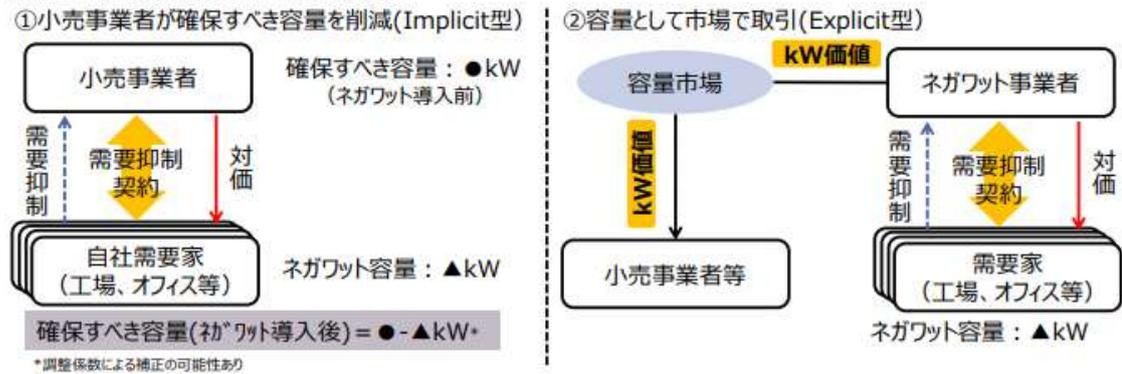


図 3-2 容量市場におけるネガワットの活用方法

出所) 電力広域的運営推進機関、第6回容量市場の在り方に関する検討会資料3 2017年11月13日
 (https://www.occto.or.jp/iinkai/youryou/kentoukai/2017/files/youryou_kentoukai_06_03.pdf) 2018年3月20日
 閲覧

DRが容量市場に参加するにあたっての論点は下記のとおり整理されている。容量市場においては、上げDRに供給力としての役割が位置づけられないものの、蓄電池やタイムシフト型DRは上げと下げがセットであり、下げDRのkW価値評価が適切に得られることは、上げDR推進上も有益と考えられる。また、将来的に自然変動型の再生可能エネルギー電源のkW価値顕在化を目指す場合、上げDR・下げDRの活用が重要な手段になるものと考えられる。

表 3-6 容量市場におけるDR関連の論点

| 論点 | さらに検討を深めるべき事項 |
|-------------------|--|
| 容量市場におけるリクワイアメント | ● DR等の従来型電源と異なる供給力のリクワイアメントについて、技術的な課題がある場合、広域機関において検討を深める必要がある。 |
| 電源の立地や特性等に鑑みたkW価値 | ● DRの具体的な調整計数の算定方法等は、必要に応じて落札量の上限を設定することも含め、広域機関において技術的に検討を深める必要がある。 |
| 他制度との整合性 | ● DRの期待容量は、参加登録時の需要家の確保状況に基づいて算定される期待容量を基礎としつつ、具体的かつ積み上げ型の分析に基づく需要家確保見通しに基づいて算定される期待容量を加味しつつ、算定することが基本としている。 ● DRの場合、参加登録時の期待容量の算定時に必要となる書類等や実効性テストの具体的な手法等については、広域機関において詳細を検討していく。 |

出所) 中間論点整理(第2次)について(概要資料) 2017年12月26日
 (http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/denryoku_gas_kihon/seido_kento/pdf/20171226_02.pdf) 2018年3月19日閲覧

(3) 需給調整市場における DR の扱い（主に Δ kW 価値）

一般送配電事業者が確保することが必要な調整力に係るコストは、託送料金で回収されることを踏まえて、平成 29 年度以降、原則公募にて調達されている（調整力公募）。そのため、各一般送配電事業者が実施する今後の公募調達の考え方が、平成 28 年度に経済産業省において取りまとめられた。

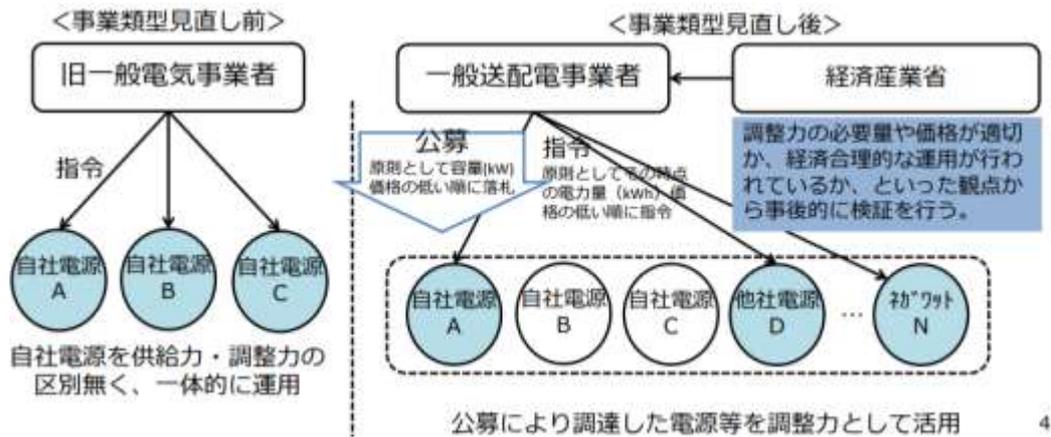


図 3-3 調整力公募について

出所) 総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会電力・ガス基本政策小委員会制度検討作業部会
 (第 4 回) 参考資料 1 デマンドリスポンスについて 2017 年 4 月 20 日
 (http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denryoku_gas/denryoku_gas_kihon/seido_kento/pdf/004_s01_00.pdf)
 2018 年 3 月 20 日閲覧

表 3-7 調整力公募の公募区分および要件

| | 電源 I' (厳気象対応調整力) | 電源 I-b (需給バランス調整力) | 電源 I-a (ピーク調整力) |
|-----------|--------------------|--------------------------|-----------------|
| オンライン指令対応 | 原則必要 ※1 | 必要 | 必要 |
| 周波数調整機能 | 不要 | 不要 | 必要 |
| 応動時間 | 3 時間以内 | 15分~30分以内 | 5分以内 |
| 運転継続時間 ※2 | 2~4 時間 | 7~16 時間 | 7~11 時間 |
| 最低容量 ※3 | 0.1 万 kW 以上 | 0.5~2.9 万 kW | 0.5~1.5 万 kW |
| 提供期 ※4 | ・通年 ・夏季 (7-9 月) | 通年 (H29/4/1~H30/3/31) | 同左 |

出所) 電力各社の調整力公募資料より三菱総合研究所作成

一般送配電事業者が実施した平成 30 年度向け調整力公募の結果を示す。各一般送配電事業者は、周波数調整機能の有無等により電源等の区分を設定し、調整力の必要量を算定したうえで公募調達を実施した。2018 年度（平成 30 年度）向け調整力の公募にかかる必要量東の考え方について（平成 29 年 9 月 13 日）は下記のとおり。

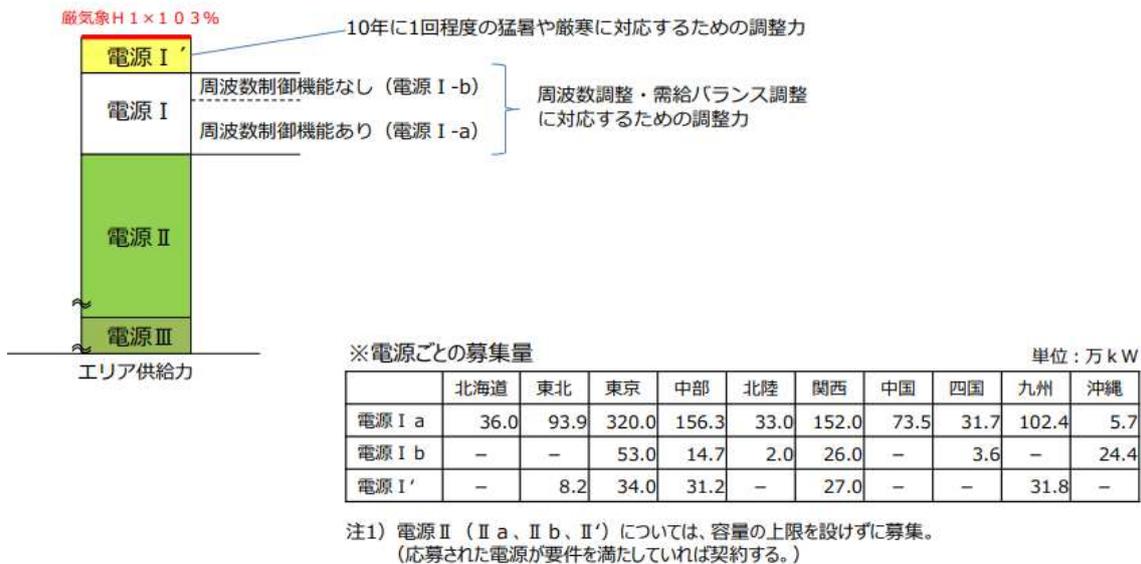


図 3-4 調整力の区分および募集量

出所) 電力・ガス取引監視等委員会 資料 4 一般送配電事業者による調整力の公募調達結果等について 平成 30 年 1 月 30 日 (http://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc_system/pdf/026_04_00.pdf) 2018 年 3 月 20 日 閲覧

電源Ⅰについては、旧一般電気事業者（発電・小売部門）以外の事業者からの応札容量が前年度より 2 割以上増加した。落札容量は前年度より 3 割以上増加し、全体の約 3 割となった。ダイヤモンドリスポンス（DR）を活用したものは、応札、落札ともに、前年度から微増し、96 万 kW が落札され、全体の約 7 割を占めた。（契約総額は約 35 億円）落札電源の平均契約価格（kW 価格）は前年度と比較し、全国平均でやや下落した。

応札容量・落札容量

| | 前年度 | | 当年度 | | 増減 | |
|------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| | 件数 | 容量 (万kW) | 件数 | 容量 (万kW) | 件数 | 容量 (万kW) |
| 募集容量 | - | 132.7 | - | 132.2 | - | ▲ 0.5 |
| 応札容量 | 63 | 165.4 | 55 | 175.4 | ▲ 8 | 10.0 |
| 電源 | 6 | 54.2 | 7 | 59.3 | 1 | 5.1 |
| DR | 57 | 111.2 | 48 | 116.1 | ▲ 9 | 4.9 |
| 落札容量 | 41 | 132.0 | 46 | 132.2 | 5 | 0.2 |
| 電源 | 5 | 36.2 | 7 | 36.1 | 2 | ▲ 0.1 |
| DR | 36 | 95.8 | 39 | 96.1 | 3 | 0.3 |

●旧一電（発電・小売部門）以外

| | | | | | | |
|------|----|------|----|------|----|------|
| 応札容量 | 43 | 40.3 | 46 | 50.4 | 3 | 10.1 |
| 落札容量 | 22 | 27.1 | 37 | 36.8 | 15 | 9.7 |

平均価格（円/kW）

| | 前年度 | 当年度 | 増減 |
|----|-------|-------|-------|
| 合計 | 4,415 | 4,085 | ▲ 330 |
| 電源 | 6,165 | 5,210 | ▲ 954 |
| DR | 3,753 | 3,661 | ▲ 92 |

※ 平均価格は落札された電源等の契約額の合計を落札容量の合計で除した加重平均として、委員会事務局が算定。

図 3-5 平成 30 年度向け調整力の公募結果（電源Ⅰ）

出所) 電力・ガス取引監視等委員会 資料 4 一般送配電事業者による調整力の公募調達結果等について 平成 30 年 1 月 30 日 (http://www.emsc.meti.go.jp/activity/emsc_system/pdf/026_04_00.pdf) 2018 年 3 月 20 日 閲覧

これら調整力公募は、発送電分離が予定されている 2020 年を目途に、需給調整市場へと移行する予定である。

現在、需給調整市場で想定されている商品は以下の10区分が想定されており、上げ調整力、下げ調整力それぞれに対し、発動までの応動時間、継続時間により5パターンの商品区分となっている(2種類×5パターン)。

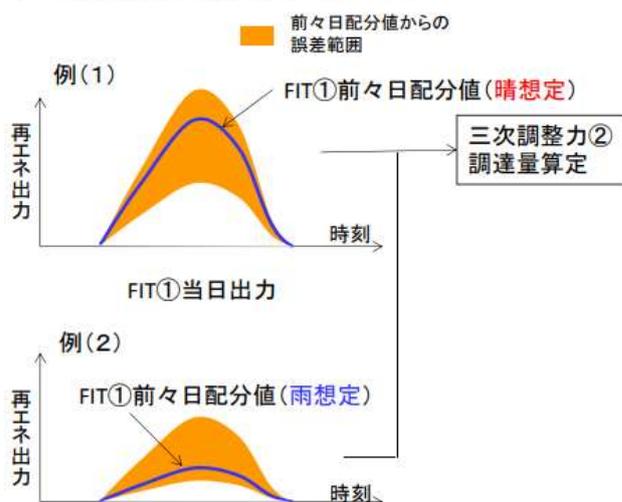
表 3-8 需給調整市場における商品区分案

| | | 一・二次調整力 (GF・LFC) ※3 | | 二次調整力② (EDC-H) | 三次調整力① (EDC-L) | 三次調整力② (低速枠) |
|--------------|-------|---------------------|--------|----------------|----------------|--------------|
| | | 一次調整力 (GF相当枠) | | | | |
| 指令・制御 | | - | 指令・制御 | 指令・制御 | 指令・制御 | 指令 |
| 監視の通信方法 | | オンライン | オンライン | オンライン | オンライン | オンライン |
| 回線※4 | | - | 専用線等 | 専用線等 | 専用線等 | 簡易指令システム等も可 |
| 発動までの応動時間 | | 10秒以内 | 240秒以内 | 5分以内 | 15分以内 | 1時間以内 |
| 継続時間※1 | | 240秒以上 | 15分以上 | 7~11時間以上 | 7~11時間以上 | 3時間程度 |
| 応札が想定される主な設備 | 発電機 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | DR | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 蓄電池 | ○ | ○ | ○ | - | - |
| | 自家発余剰 | - | - | - | ○ | ○ |
| 商品区分 | 上げ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | 下げ※2 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

出所) 電力広域的運営推進機関、第21回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会資料3 2017年9月8日 (https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/2017/files/chousei_jukyu_21_03.pdf) より三菱総合研究所作成 2018年3月20日閲覧

特に、再生可能エネルギーへの対応の観点では、再エネ出力誤差に対応する調整力として、三次調整力②が想定されている。

【FIT①出力の想定誤差のイメージ】



【調達タイミング】

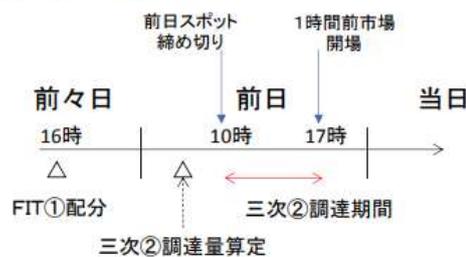


図 3-6 三次調整力②(低速枠)の具体的イメージ

出所) 電力広域的運営推進機関 第7回調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会 資料2 (2017年10月25日)

(https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/sagyoukai/2017/files/chousei_sagyoukai_07_02.pdf)

三次調整力②（低速枠）の上げ調整力については、調整力公募における電源 I' と求められる要件が類似しており、実際に DR も多数応札していることから、三次調整力②（低速枠）は、上げ DR、下げ DR ともに参入の可能性が高い市場と期待される。その他の商品メニューについては、専用線等による指令・制御を行うことが想定されていることから、DR の参入は比較的難易度が高いと考えられる。

3.1.3 電気料金メニューに関する動向

総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会の第3回会合においても言及のあったとおり、小売電気料金型 DR の進展が期待されているものの、特に再エネ余剰に対応した上げ DR については、電気料金メニューが確立されていないとされている。そこで、わが国の電気料金メニューの現状を整理するとともに、再エネ余剰に対応した新たな電気料金メニューの海外事例を整理した。

(1) わが国における電気料金メニューの現状

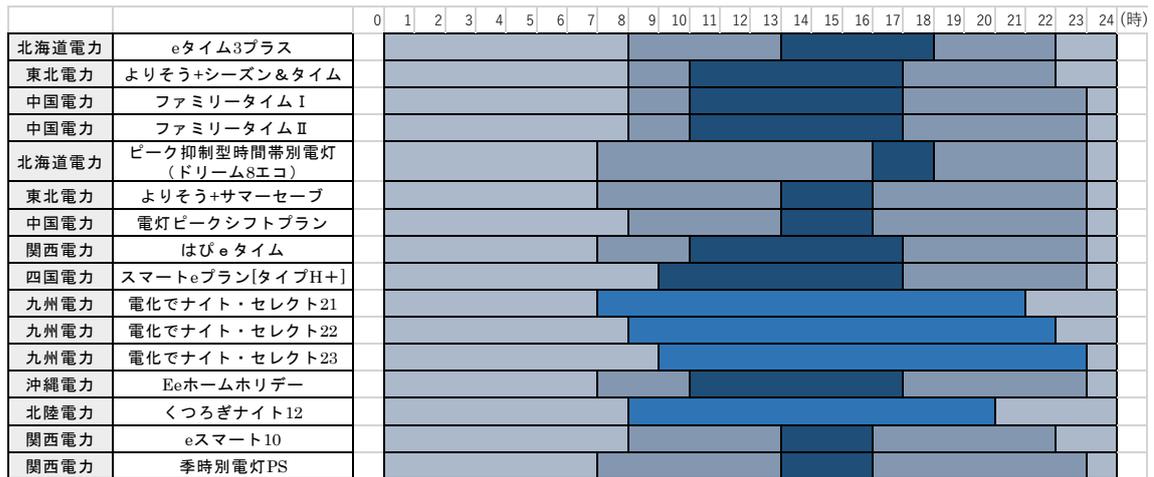
2017年10月現在で新規加入が可能な一般電気事業者の契約電気料金プランは57種ある。電力量料金の種類として、季時により kWh あたりの金額が変化しない従量料金プランと、変化する季時別料金プランがある。

季時別料金は下記のとおり、平日・休日、季節により差があるか否かで分類できる。料金は概ね時間別に3種類に分かれており、ピーク料金は8~17時、中層料金は17~23時、最安料金は23~8時といえる。現状では夜間より昼間の方が低いような電気料金設定はない。

表 3-9 新規加入可能な電気料金プラン

| 区分 | 料金プラン | 従量 | 季時別 | |
|-----|-----------------------------|---------------------|-------|----|
| | | | オール電化 | |
| I | 時間帯に差あり 平日・休日、季節による差なし | 22 ※区分は存在 しない | 3 | 11 |
| Ii | 時間帯、平日・休日による差あり 季節による差なし | | 0 | 5 |
| Iii | 時間帯、季節による差あり 平日・休日による差なし | | 4 | 3 |
| Iv | 時間帯、平日・休日、季節による差あり | | 6 | 3 |
| 合計 | | 22 | 13 | 22 |

出所) 各 Web ページより作成



■:最安料金、夜料金 ■:中層料金、リビングタイム料金 ■:ピーク料金 (■:2層のみの場合のピーク料金)

※表内の色が濃いほど kWh あたりの料金が低い時間帯

図 3-7 季特別料金プランの構成

出所) 各 Web ページより作成

(2) 新たな電気料金メニューの例

海外では、再生可能エネルギー、とりわけ住宅用太陽光発電に対応した新たな電気料金メニューの例が見られる。大まかには以下の3種類に分類される。

表 3-10 新たな小売電気料金メニューの概要

| 料金メニュー分類 | 概要 | 再生可能エネルギーとの関係 |
|-----------------------------|--|---|
| 定額料金制 | 一定の電力消費量以内は一定金額で電力供給する料金メニュー。従来の電気料金と比較し、基本料金の比率が大きいメニューとも解釈できる。 | 住宅用太陽光の自家消費率最大化や調整力活用を意図して需要家側蓄電池を遠隔制御する。 |
| 変動料金制 (ダイナミック プライシング) | 時間帯別に従量料金変動する料金メニュー。料金通知のタイミング、変動の時間幅等さまざまなバリエーションがあり得る。 | 電力需給の状況に応じ、価格メカニズムにより需要シフトを促進するため、再エネ余剰に対する需要シフトが期待される。 |
| P2P 取引 | 需要家が再エネ発電事業者や他の需要家との間で電力を直接取引を行う仕組み。ブロックチェーン技術を活用する動きもある。 | 余剰電力を相互融通により最大限活用できる。また再エネ電力を特定して調達できる |

以下、それぞれ事例を示す。

1) 定額料金制

a. sonnenFlat

同社は 2008 年にドイツで設立されたベンチャー企業である。設立当初は太陽光発電による自家消費率を最大化する遠隔制御システムを内蔵した蓄電池のプロバイダであった。現在は、ハードとソフトの組み合わせにより 100%グリーン電力を供給する小売事業者である。

同社のビジネスモデルは、太陽光発電の余剰電力をバーチャルにシェアするコミュニティ”sonnenCommunity”を構築している。

顧客は、電力コストを削減したいという経済合理性だけでなく、コミュニティメンバーになりたいという感情から sonnen 社のサービスを選択している。顧客は蓄電池を購入することにより、太陽光発電の自家消費率を最大化する。”sonnenCommunity”という電力シェアコミュニティに加入することで、余剰電力をやり取りすることができる。これによって、低価格でグリーン電力の供給を受けることができる。

さらに、”sonnenCommunity”の会員は、一定量まで電力を使い放題である sonnenFlat”という料金プランの対象となる。”sonnenCommunity”以外の追加料金は不要である。”sonnenFlat”に契約した顧客は、蓄電池を自家消費率の向上のみに活用するのではなく、「ハイブリッド利用型スキーム」に変更することで、一部の容量を「フレキシビリティ」として同社が利用する。同社はこれらの容量を集約し、送配電事業者および電力卸市場へ「フレキシビリティ」として提供し、新たな収益を獲得している。

sonnenFlat ホームは家庭の年間電力消費量に基づいて 4 つのバリエーションがある。例えば sonnenFlat 4250 は追加料金なしで 4,250kWh まで供給する。このとき、最低発電容量 5.5kWp あるいは最低保証電力量年間 4,400kWh の PV を所有し、蓄電池を最低 6kWh 所有することが条件である。

| | sonnenFlat 4250 | sonnenFlat 5500 | sonnenFlat 6750 | sonnenFlat 8000 NEU |
|--|--|--|---|---|
| Inkludierter Gesamtstromverbrauch/ Jahr in kWh |  4.250 |  5.500 |  6.750 |  8.000 |
|  kWp oder garantierter Mindestertrag/ Jahr in kWh | 5,5 4.400 | 7,5 6.000 | 9,5 7.600 | 9,5 7.600 |
|  kWh | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Community-Beitrag pro Monat | 19,99 € | 19,99 € | 19,99 € | 29,99 € |

sonnenFlat home Pakete

図 3-8 SonnenFlat ホームパケット
(年間電力消費量/ PV 容量/ 蓄電池容量/コミュニティの月会費)

出所) Sonnen Web サイト, Nie Wieder Stromkosten -mit der sonnen Flat

(<https://www.sonnenbatterie.de/de/sonnenstrom/stromtarife/sonnenflat-home>) 2018年3月20日閲覧

2) 変動料金制 (ダイナミックプライシング)

a. OGE のダイナミックプライシング

OGE Energy Corp.は米国の南中部において電力や天然ガスの配電や関連サービスを行っているホールディング会社である。OGE の”opt-in Smart Hours program”はダイナミックプライシングの定義に近いものであり、625,000 の住宅・小規模顧客のうち 100,000 が参加している。

標準料金ではオフピーク時に約 0.05 ドル/kWh、オンピーク時に 0.20 ドル/kWh となっているが、本プログラムにおけるオンピーク時の料金は、予想されるピークロードによって 0.05 ドル/kWh、0.10 ドル/kWh、0.20 ドル/kWh、0.40 ドル/kWh と変動する。顧客にはメールまたは電話で翌日の料金が通知され、顧客は高い料金を支払って電気を使ってもよいし、電気を使わずに済ますこともできる。平均的な顧客は今夏におよそ 150 ドルを節約した。ダイナミックプライシングは OGE の平均ピークロードの 5,900MW を 160MW 引き下げ、顧客のピークに対する貢献も 40%減った。この料金プログラムを選んだ顧客がピークロードに寄与した平均電力量は、4kW から 2.5kW にまで低下した。エネルギー効率化と商業・産業ピークロードの削減により、OGE のピークロードはおよそ 300MW 低下した。これにより、同社は火力発電 (Thermal Generation) への新規投資をせずに済んだ。プログラムへの参加者は伸び悩んでいるものの、参加者の満足度は標準料金の顧客より高かった。

New Dynamic Pricing Options Offered

- Hours: 2 – 7pm, Monday - Friday
- **Summer Season** (June – September)
- Customers receive day-ahead price via in-home display, web, text, email, voice message
- Tariff is **optional**
- **Customer** decides how to respond & manage consumption

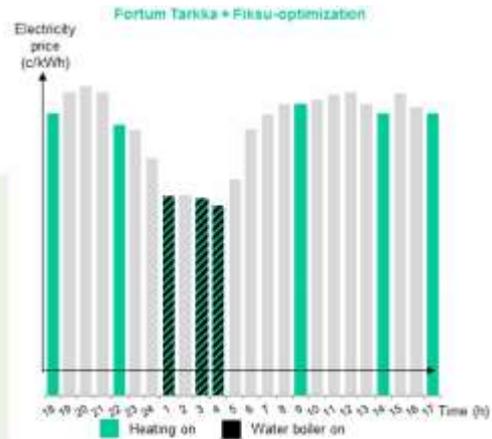


図 3-9 OGE のダイナミックプライシングオプション

出所) OGE Energy Group “The Smart Grid journey At OGE Energy Group” 2014/6/21,
(<https://www.slideshare.net/robgirvan/the-smart-grid-journey-at-oklahoma-gas-and-electric>) 2018 年 3 月 20 日
閲覧

b. フィンランドのダイナミックプライシング

フィンランドでは、利用者が電気料金のダイナミックプライシングを選ぶことができる。実際のところ、これによって価格はフィンランドの価格エリアの Nord Pool スポット価格に基づく透明性のある価格になった。顧客は時間毎の価格に小売プレミアムを加え、通常はそれに月毎の固定料金を上乗せして支払う。顧客のおよそ 10%がこの料金制を選んでいる（340 万以上のメーターの約 340 万人の顧客）。利用者は、例えば Web 上などで翌日の時間毎の料金をチェックすることができる。価格はスポット市場の予定表に従って公開され、翌日物取引では午後 2 時頃になると夜 12 時以降の 24 時間の価格は「固定」される。顧客は自分が利用した時間に従い、その時間毎の価格を支払う。そのためには、顧客は時間毎のメーターリングをする必要があるが、今のフィンランドの利用者ならばほとんど誰もがそうしている。なによりも、市場での売値によっては、実際の暖房能力や気象条件に基づく最適な価格の時間帯を選ぶことができる。これによって、今の暖房システムがスマートなものになり、暖房費を最大で 15%節約することができるようになる。



出所) Eurelectric, “Dynamic pricing in electricity supply” 2017.2

3) P2P 取引

再生可能エネルギーの普及が進む一方で、天候などによる出力の変動をいかに有効活用するかが課題となっている。欧米では、太陽光発電などの分散電源で発電した電気を、消費者と発電事業者が直接取引する電力の P2P（ピアツーピア）取引が開始されている。電力小売事業者が介入しないことでコストを削減できること、また消費者が環境付加価値の高い電力を選択できることなどがメリットとして注目されている。近年ではとくに、仮想通貨で注目される「ブロックチェーン技術³²³」を活用する動きもある。

a. ドイツ Sonnen Community

Sonnen は、SonnenBatteries の蓄電池所有者を主に対象として、需要家同士の直接取引により負荷の平準化を図り、安価な価格で電力需要を賄うことができるようなプラットフォームサービスを提供している。

今後は、IBM が開発した「Hyperledger Fabric」というフレームワークに基づいたブロックチェーン技術を活用することで、より大規模なエリアでの負荷平準化、再エネ利用、系統の安定化を実現することが期待されている。

³²³ ネットワーク上で多数のユーザーが暗号化された取引記録を共有することで、低コストかつ改ざんが非常に困難な台帳型分散データベースを実現する技術

表 3-11 Sonnen Community の事業概要

| | |
|---------------|---|
| 開始時期 | 2016 年 |
| 展開地域 | ドイツ |
| 提供企業 | Sonnnen (蓄電池メーカー) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・主に SonnenBatteries の顧客を対象として、一般電気事業者を介さない需要家同士の直接の取引を行なうプラットフォーム”Sonnnen Community”を提供する。 ・地域間で負荷の平準化を図り、安価な価格で電力需要を賄うことができるグリッドを構築する。 ・中央監視型ソフトウェアによる利用者の需給状態のモニタリング、バランスングを実現。 |
| ステークホルダーのメリット | <ul style="list-style-type: none"> ・需要家は、既存の料金システムよりも安価に電力需要を賄える。 ・蓄電池所有者は電力売買による収益を得られる。 |
| 料金体制 | プラットフォーム”Sonnnen Community“の利用は月額 19.99 ユーロ～ |
| 事業段階 | <ul style="list-style-type: none"> ・現在、数千人の利用者がプラットフォームに参加。 ・2017 年末より、TenneT や IBM と実証実験を開始。実証は 2018 年中頃までを予定している。 |

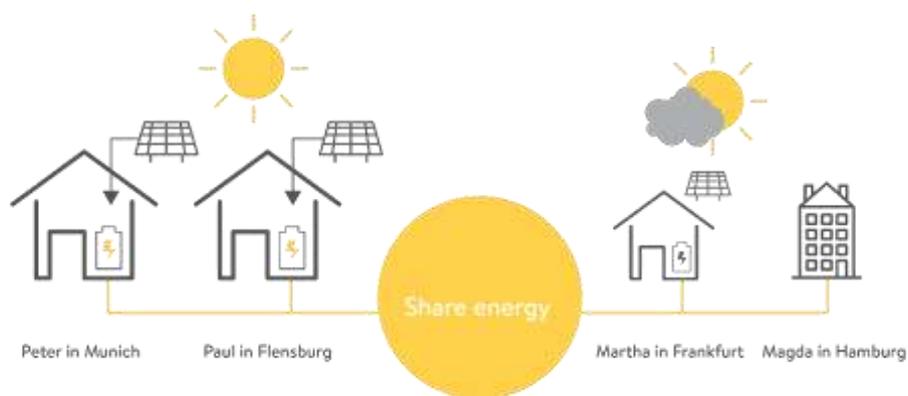


図 3-10 Sonnen Community の概要図

出所) Sonnen Community HP (<https://www.sonnenbatterie.de/en/sonnenCommunity>) 2018 年 3 月 20 日閲覧

b. 米 Brooklyn Microgrid

Brooklyn Microgrid はコンサルティングファーム LO3 Energy とフィンテック ConsenSys のジョイントベンチャーである TransActive Grid が、ニューヨークブルックリン区で 2016 年に開始したパイロット事業である。地域内で自動的に P2P エネルギー取引を行なうプラットフォームサービスを運用している。

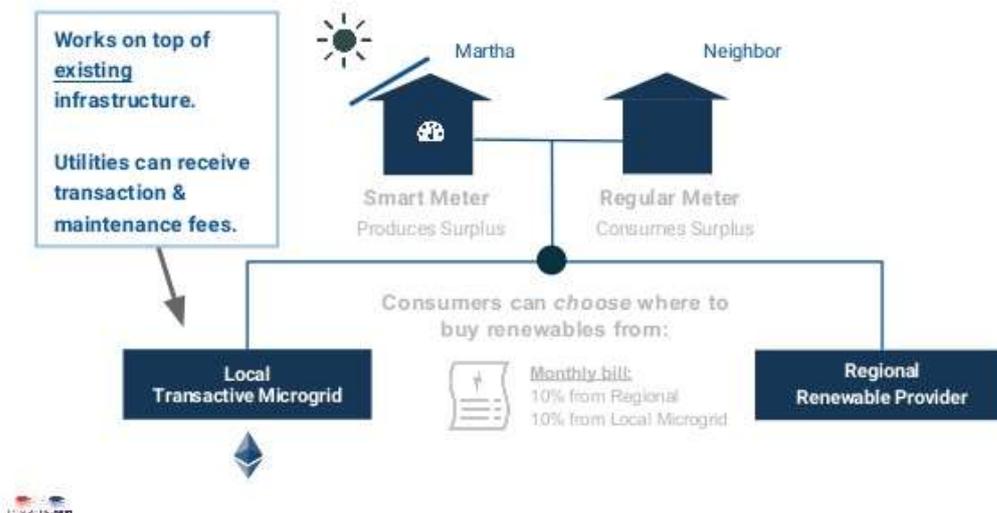
TransActive Grid のシステムでは、マイクログリッドに参加する人同士で発電した電力や余剰電力を売買することができる。電力会社のような第三者が介在しないかわりに、スマートコントラクトとブロックチェーンを利用したシステムが機能する。運用コストが削減

されるのに加え、価値観や利害関係を同じくする参加者によって、電力取引のプロセスやデータの透明性を保ちながら運用される。

表 3-12 Brooklyn Microgrid の事業概要

| | |
|---------------|---|
| 開始時期 | 2016年 |
| 展開地域 | ブルックリン |
| 提供企業 | TransActive Grid (コンサルティングファーム LO3 Energy とフィンテック ConsenSys のジョイントベンチャー) |
| 事業内容 | <ul style="list-style-type: none"> ・地域内において、自動的にエネルギーを取引するプラットフォームサービスを提供する。 ・プラットフォームの利用者から取引料・メンテナンス料を受け取る。 |
| ステークホルダーのメリット | <ul style="list-style-type: none"> ・プロシューマーは電力会社に対するよりも高く売電できる。 ・コンシューマーは太陽光パネルがなくても再エネを利用できる。 |
| 決済方法 | イーサリアム内の仮想通貨イーサを用いる。ドルにより直接決済を行なう方法も模索している |
| 事業段階 | 現在もサービスを継続中。 |

Transacting Local Energy with Neighbors



出所) TransActive Grid, Peer-to-Peer Energy Transaction and Control

(<https://www.slideshare.net/JohnLilic/transactive-grid>) 2018年3月20日閲覧

3.1.4 再生可能エネルギー対応の上げ DR 推進に向けた課題と対応策

上げ DR 推進に向けては、FIT 制度下の再エネ出力抑制、電力市場整備といった直近の政策・市場動向への対応が論点となっている。

他方、2050 年温室効果ガス 80%減といった野心的目標を達成するためには、再生可能エネルギー電源の自立化、需要機器の電化等が前提であり、現状の課題が構造的課題か過渡的な課題か整理した上で、長期を見据えた DR 推進方策を考える必要がある。

短期と中長期による上げ DR の実施環境の相違、および上げ DR の主体別課題とその性質について示す。長期的には、上げ DR と下げ DR はセットとなる前提で考える必要がある。

表 3-13 短期と中長期による上げ DR 実施環境の相違整理

| | 短期 | 中長期 |
|------------|--|------------------------------------|
| 主な再エネ | FIT 電源 | 自立型電源 |
| 出力制御幅・頻度 | ・少量少頻度 (稀頻度～年間 30 日前後) | ・多量多頻度 (日常的な発生) |
| インバランसरиск | 送配電事業者負担 | 再エネ発電事業者負担 |
| 主たる DR 資源 | ・既存電力消費機器のタイムシフト ・既存自家発電設備の一時停止 | ・燃料消費機器を電化 ・多様な電化機器のタイムシフト |
| 対応の方向性 | 国民負担抑制（予測誤差縮小、既存設備の最大限活用） 受益と負担の不均衡是正 | 高度な予測技術、需要側のより広範な機器を活用した積極的な DR 参画 |

表 3-14 主体別の上げ DR 実施に向けた課題とその性質

| | 受益と負担 | 課題 | 課題の性質 |
|----------|--------------------------|--|--|
| 再エネ発電事業者 | 上げ DR 実施により出力抑制回避、収益増加 | 自らの負担で行っても出力抑制回避ができるとは限らず、実施の動機がない | 過渡的課題 (FIT 卒業により需要確保が発電事業収益に直結) |
| 小売事業者 | 上げ DR 実施により販売電力量増加、収益増 | 上げ DR が失敗した場合、高い電力を調達するリスク | 構造的課題 (再エネ大量導入により卸価格のボラティリティは拡大し、小売にとって確実な DR 実施の動機は強まる) |
| 需要家 | 電気料金負担増（ただし他の燃料費は削減の可能性） | ・小売料金に賦課される託送料金、賦課金、電源開発促進税等の負担増。燃料からのシフトを阻害。 ・時間帯別に電気料金の差がない | 過渡的課題 (中期的には負担大のおそれがあるが、料金メニューの柔軟化や電化が進み FIT が収束すれば収束へ) |
| 系統運用者 | 確保できる調整力の拡大 | ・自らの負担で行うと託送料金に影響 ・下げ調整の手段としては出力抑制の方が容易であり、上げ DR を実施する動機がない。 | 構造的課題 (再エネ大量導入により必要調整力増大する。FIT 電源減少により、インバランसर負担は多少軽減される) |

長期を見据えると、より多種多様な需要側機器に DR 参画を促し、再生可能エネルギー電力の最大限の活用と社会費用の最小化の両立を目指す必要がある。その方策案を以下に示す。

- 小売と再エネ事業者が連携した電気料金型 DR の推進

2050 年は脱炭素電源が 9 割導入される世界であり、再エネ発電側の収支改善、小売側の電源調達リスクの軽減の観点でも需要側機器による変動吸収が必須の世界となる。

そのためには、需要機器の自動制御や、需要家に分かりやすく需要家自身が行動できるようなシグナルを発するビジネスモデルが求められる。

また、RE100 のように、100%再エネ電源を求める需要家も増加しているが、そうした意識の高い需要家のニーズに対応して、再エネ電源の調達のみならず、再エネの出力変動に対応した DR の実施を促していくことも有効と考えられる。

- 電化+タイムシフト型 DR の推進

長期的には、燃料の直接消費は、産業部門の一部等に限定されていく必要がある。こうした将来を見据え、電化機器の導入促進と同時に、通信規格を備えた機器を普及させることが必要である。その際、電力ビジネスの変化を見据え、UX サービス等新たなビジネスモデル、新たな付加価値提供により普及を指向していくべきである。

- DR 資源の使い分け

将来、より多量の調整力が必要となった際は、より多様な需要側設備が参画していく必要がある。そのためには、電力消費機器ごとに、応答性の速さによる使い分け、持続時間の長短による使い分け等を明確化し、系統運用や再エネ発電事業者側にとってもより使いやすい DR 資源としていく必要がある。

- 再エネ出力予測技術の向上

現状でも、再エネの導入が進んでいるエリアにおいては、需要予測誤差よりも再エネ出力予測誤差の方が大きくなる傾向にあり、再エネ出力予測誤差に対応するために必要な調整力も昼間に増加する傾向にある。今後、再エネの大量導入が進むと誤差が電力システムに与える影響は甚大となり、調整力を確保するための費用負担も増大する。

こうした課題を解決するために、再エネ出力の予測技術は必要不可欠であり、高精度で予測することでより需要側機器の稼動タイミングも精密に予測できるようになり、結果して DR の活用拡大に資することが期待される。

なお、再エネ出力は直前であるほど予測精度が高まるものの、需要側の機器はある程度の応答時間が必要であったり、需要側の要請から十分に応答できない可能性もある。そのため、機器特性に応じた使い分けが必要であるとともに、通信コストの最小化には十分留意する必要がある。