

マイクログリッドの日本のエネルギー市場への影響



スマートシティやスマートコミュニティを形成する形態の一つに、「マイクログリッド (Microgrid)」がある。一般的にマイクログリッドと聞けば、(1)分散型電源による電力供給や(2)自営電力線による電力供給、あるいは(3)エネルギーの地産地消を実現した地域／領域等をイメージする人も少なくないであろう。

マイクログリッドの定義には様々な見解があると認識するが、筆者としては、次のように考えることとしたい。マイクログリッドとは、「閉じた領域 (エリア) において、様々な需要家に対し、独自の電力網 (自ら構築した電力線=自営線) と電源により構成される、自律的なエネルギー供給網」のことである。また、マイクログリッドの対極にある、もしくは区別された形態として、系統電力をスマート化する、いわゆる「スマートグリッド (Smart Grid)」が位置づけられることも念頭に置かれない。

本稿では、日本版マイクログリッドを調査し、日本におけるマイクログリッドの普及の可能性と、その際のエネルギー需給への影響等について、考えてみることにしたい。

1. 日本版マイクログリッドを探せ

米国の調査会社 Navigant Research 社¹によれば、現在、世界規模でマイクログリッドが拡大しており、2017 年度末の総設備容量では過去 1 年間で 2GW 以上増加し、既に約 19GW にまで到達している。特に、マイクログリッドの拡大が著しい地域は北米地域であり、最近では中国やインドでも著しく成長している。また、マイクログリッドを形成する電源としては、依然としてディーゼル発電 (DEG : Diesel Engine Generator) の活用が主流

となっているものの、最近では天然ガス（LNG：Liquefied Natural Gas）を活用した発電機や太陽光発電（PV：Photovoltaic）等も増加傾向にあることが報告されている。

自営線があればマイクログリッド？

日本におけるマイクログリッドの事例調査の対象としては、新電力 434 社（2017 年 11 月末現在）、特定送配電事業者 19 社、地域熱供給事業者 77 社^{2,3}に加え、自治体主導の地域エネルギー整備研究会（総務省）14 事例⁴、スマートコミュニティ事例集（経済産業省）12 事例⁵、環境未来都市（内閣府地方創生推進事務局）11 事例⁶、日本版シュタットベルケ（関東経済産業局）17 事例⁷等の各機関で取り纏められているものを含めている。

日本の事例では、少しでも自営線が存在すれば、マイクログリッドと称している事例が多いことが特徴である。また、この自営線についても、前述した独自の定義に照らし合わせれば、「隣接した建物同士を繋ぐ連系線程度」のもの、あるいは「一つの建屋内において各部屋や機器等を繋ぐ程度」のもの等、エネルギー供給網（ネットワーク）には程遠く、敢えて極端に表現すれば、屋内配線の延長レベルに過ぎないと言える。そのため、この種のマイクログリッドの規模としては、これまでのビル管理会社やエネルギー管理センター等が管理している規模とそれ程変わらないものが多い。

日本ではマイクログリッドよりもサーマルグリッドが進展！？

現在、日本ではマイクログリッドよりも、どちらかと言えば、サーマルグリッド（Thermal Grid：熱供給網）が進展しているのではないだろうか。ここでは、サーマルグリッドに付随して、自営線がエネルギー機器間や建物間を繋げる連絡線の役割を果たしている。サーマルグリッドについては、別のトピックスで取り扱うこととしたいが、ここで少し触れておくと、サーマルグリッドに適用する熱源には地域特性により違いがある。

例えば、緯度が高い寒冷地では「ガスボイラ」が、林業が根ざした地域では「木質バイオマス」が、そして都市ガスの導管が張り巡らされた都市部では「コージェネ（CGS：cogeneration system／CHP：Combined Heat and Power）」が主力の熱源であることが多い。特に、コージェネを活用したサーマルグリッドについては、化石エネルギーの中でも比較的炭素である天然ガスの利用促進と、電気と熱のエネルギー利用の効率化の観点から、工業団地や人口が密集したエリア、あるいは鉄道沿いや駅周辺のエリア等、電力需要と熱需要が多い比較的小規模な地域を中心に、今後も普及拡大していくものと考えている。

日本版マイクログリッド候補は 9 事例

このような状況下で、前述した独自定義に比較的近いマイクログリッドの候補として、表 1 に示す 9 事例が確認された。なお、独自定義にそぐわない、例えば、単に自社施設だけに電力供給する事例や構想段階レベルの事例等については、対象外としている。

表 1. 日本版マイクログリッド候補

件名	所在地	自営線種別	供給対象
① 別小山地区 (住友共同電力)	愛媛県 新居浜市	送配電線	住宅 (約 400 軒)
② 北九州東田地区 (新日鐵)	福岡県 北九州市	配電線	集合住宅、工場、事務所、公共施設 (教育機関、街灯設備)、医療施設
③ 第二仙台北部中核工業団地 (F-グリッド)	宮城県 黒川郡大衡村	配電線	工場 (トヨタ系列)、商業施設、事務所、公共施設 (非常時に融通)
④ さいたま市 次世代自動車・スマート ホーム・コミュニティ特区	埼玉県 さいたま市	配電線	住宅 (スマートハウス約 100 軒、実証 ハウス他)、公共施設
⑤ 岳南電車の軌道敷を活用した地域電 力事業 (岳鉄吉原本町駅/比奈駅間)	静岡県 富士市	配電線	工場 (製糸業、自動車他)
⑥ 清原工業団地	栃木県 宇都宮市	配電線	企業 3 社 7 事業所 (工場、事務所 他)
⑦ 中部大学スマートエコキャンパス	愛知県 春日井市	建屋間 連系線	大学施設 (学部棟約 60 棟他)
⑧ 新武蔵野クリーンセンター	東京都 武蔵野市	建屋間 連系線	公共施設 (役場、集会所)、スポー ツ施設 (球場、プール)
⑨ 東松島みらいとし (HOPE)	宮城県 東松島市	配電線	住宅、工場、公共施設 (役場、教育 機関)、医療福祉施設

2. 日本版マイクログリッドの実施形態

確認された 9 事例について、マイクログリッドとして「独自の電力網と電源により構成される自律的なエネルギー供給網」であるか確認するため、ここでは、「(I) 電力系統との連系状況」と「(II) 採用されている電源の種類」に着目し、簡単に考察してみたい。

電力系統に依存しない事例は 1 事例のみ！

まず、(I) 電力系統との連系状況を表 2 に示す。日本版マイクログリッド候補では独自の電力網 (自営線) を構成する手段として、以下の 2 種類が主流である⁸⁾。

- (i) 電力事業の許認可が必要な「特定供給」方式
但し、自己電源あるいは電源が特定できる契約電源が 50%以上の保有が条件。
- (ii) 電力事業の許認可が不要な「自家発自家消費扱い」方式
なお、自己電源による自己施設への供給が基本であるが、同一構内等もこれに準ずる。

その他にも、系統電力を一括でまとめて受電したうえで、域内に自営網を張り巡らし、各需要家に電気を分配するという方式も考えられるが、「⑨東松島みらいとし」並みの規模の事例は少ない。このように、日本版マイクログリッド候補であっても、ほとんどの事例は系統電力に依存しており、完全に系統電力に依存していない独自の電力網 (自営線) を構築している事例としては、日本では「①別小山地区」が唯一である。

今後、日本において系統電力に依存したマイクログリッドを構築していく場合、「一括受電」、「自家発自家消費扱い」、「特定供給」、「特区指定」の順に展開しやすいと考える。しかし、電力市場の健全化（自由競争）を目的に、将来、常時バックアップ（BU）制度の廃止が予定されている⁹ため、前述した独自定義のマイクログリッドが日本に根付くには、如何にして系統電力の依存から脱却できるのかが鍵を握ることになる。

表 2. 日本版マイクログリッド候補の電力系統との連系状況

件名	(i) 特定供給 (許認可制)	(ii) 自家発電自家消費扱い (許認可不要)		(iii) 系統電力 常時 BU
		自家発自家消費	同一構内	
① 別小山地区	●			
② 北九州東田地区	●			●
③ 第二仙台北部中核	●			●
④ さいたま市	● (特区)			●
⑤ 岳南電車軌道敷		●	●	●
⑥ 清原工業団地		●	●	●
⑦ 中部大学		●	●	▲ (部分供給)
⑧ 新武蔵野		●	▲ (隣接地域)	●
⑨ 東松島みらいとし				●

日本のマイクログリッドでは系統連系は手放せない!?

次に、(II) 採用されている電源の種類を表 3 に示す。日本で唯一、系統電力に依存しない事例の「①別小山地区」では自己電源として「小水力」が採用されている。小水力については、例えば、FIT 制度を活用した事例では若干確認されるものの、小水力だけで「①別小山地区」並みの設備と需要家規模のビジネスモデルを他地域で描くことは極めて困難なため、汎用性はない。

一方、その他の事例では、「コジェネ」、「太陽光発電」、「蓄電池」の 3 種類が自己電源の主流である。特に、太陽光発電が設置されている事例では、必ず蓄電池が採用されている。その理由は、特定供給の許可条件として、「自然環境等の影響で出力変動のある太陽光/風力発電は、蓄電池/燃料電池と組み合わせることが義務付けられている」ことも少なからず関係していると考えられる。その一方で、マイクログリッドを実現するビジネスモデルでは、域内の供給信頼度を独自に確保することに主眼が置かれているため、新電力等で散見される FIT 電気だけで事業展開するタイプとは異なるものとする。また、日本版マイクログリッド候補のほとんどが系統電力と組み合わせたビジネスモデルとなっていることも、域内の供給信頼度を高めるうえでは、重要なポイントなのであろう。

しかし将来、系統電力による常時 BU 制度が廃止されると、域内の全需要に対し自己電源だけで供給できない地域が発生する可能性もある。マイクログリッドが引き続き域外の電源にも依存していくのであれば、系統連系を継続し、電力卸市場やバランスンググループ

(複数の地域で発電量を共有)等を活用するビジネスモデルへと転換していくしかない。また、日本において、このようなタイプのマイクログリッドを普及拡大させていくのであれば、電気の品質・供給量・価格面等で柔軟性を持たせるためにも、更なる電力卸市場の活性化は必要であろう。

表 3. 日本版マイクログリッド候補に採用されている自己電源の種類

件名	自家発		再エネ			蓄電池	系統電力 常時 BU
	コジェネ	その他	太陽光	バイオマス	小水力		
① 別小山地区					●		
② 北九州東田地区	●		●			●	●
③ 第二仙台北部中核	●		●			●	●
④ さいたま市			●			●	●
⑤ 岳南電車軌道敷	●	● (余剰電力)					●
⑥ 清原工業団地	●						●
⑦ 中部大学	●		●			●	▲ (部分供給)
⑧ 新武蔵野	●			● (ゴミ)			●
⑨ 東松島みらいとし			●	●		●	●

現在、前述した独自定義のマイクログリッドを構築するうえで、参考となる先進的な事例は日本にはまだない。また、維持メンテナンス費用や保有資産のスリム化等、マイクログリッドの事業性や電源種別の多様化によるレジリエンスの確保、そして、現在の電力小売自由化の流れの中で、マイクログリッドに取り込まれた顧客は、他の小売事業者を選択できる機会が奪われてしまう懸念等も踏まえると、完全に自律したマイクログリッドが普及／存続することは、将来的にも極めて限定的になると考える。将来、日本でマイクログリッドの普及拡大があるとするならば、おそらく「自己電源と系統連系を併用し、域内でエネルギーを最適にマネジメントする方式」のマイクログリッドが主流になるのではないだろうか。

3. マイクログリッドの普及拡大はエネルギー・インパクトを与えるか

マイクログリッドの普及拡大によるエネルギーへの影響を考えるに当たり、ここでは「(A) 分散型電力網（自営線）の拡大」と「(B) 分散型エネルギーの拡大」に着目し、簡単に考察してみたい。

分散型電力網の進展によるエネルギー・インパクト

まず、(A) 分散型電力網（自営線）の拡大では、系統電力とマイクログリッドの関係性から、「(a) 電力系統から完全に分離したマイクログリッド」と、「(b) 系統連系を活用したマイクログリッド」の2種類が考えられる。

(a)タイプのマイクログリッドが拡大すると、系統電力の利用が縮小するため、旧電力会社の発電事業者と送配電事業者に影響が生じる。具体的な影響としては、発電事業者では、電力需要の減少により、電源設備の中でも、特に、石炭および石油系燃料の消費量／輸入量に影響を与える可能性が高い。また、系統電力の利用減少は事業収益の減少をもたらすため、電源設備への投資が縮小され、高コスト電源から順番に電力市場から脱落していく可能性も考えられる。その結果、電力需要の減少に加え、更に石油系燃料の減少が進行するため、特に石油業界では大きな打撃を受けることになる。現在、旧電力 10 社の発電燃料の総受入量¹⁰は、石炭 5,900 万 t 前後、石油系 1,200 万 kℓ 前後であることからすれば、エネルギー供給量への影響は少なくないであろう。また、その他にも、長期視点に立った大型電源開発の中止／遅延等や、電力卸売市場における発電取引量の減少等の影響も考えられる。

一方、送配電事業者では、託送収入が減少することから、設備維持を目的に、託送料や系統接続料等を値上げする可能性が考えられる。仮に、値上げ抑制のため、不採算設備の撤去が進行することになれば、広範囲に広がる電力網そのものが縮小していくことになり、より電力系統の利用縮小に繋がる。このように、(a)のマイクログリッドが大幅に進展すると、マイクログリッドと電力系統との関わりが希薄化していくこととなり、マイクログリッドによる域内での供給責務が更に高くなるため、参入する事業者／地域も限定的となる。

次に、(b)タイプのマイクログリッドが拡大すると、送配電設備の利用は現状と同様に継続される。そのため、常時 BU 制度の廃止後も、電力卸市場等からの電源調達が増加することから、エネルギー供給量への影響は、(a)タイプによる影響よりも小さいと想定する。また、(b)のマイクログリッドの拡大は、系統連系箇所の分散化を引き起こし、事業収益を高めるため、域外への売電量が増加すれば、送配電設備のスペック不足となる可能性も考えられる。仮に、託送料や系統接続料等を現状のまま維持するために既存の送配電設備を増強しない場合には、マイクログリッドの普及拡大の足かせとなるが、設備増強した場合でも託送料や系統接続料等の値上がりリスクが伴うため、マイクログリッドの事業経営には少なからず影響する。このことから、(b)のマイクログリッドについても大幅な普及拡大はあまり見込めない。

しかし、送配電設備のスペック不足はマイナス要因ばかりではない。このことがかえって、デマンドレスポンス (DR : Demand Response) 市場や仮想発電所 (VPP : Virtual Power Plant) 市場、そしてネガワット市場や蓄電池の利用拡大等へ繋がる絶好の機会となる可能性もあり、結果的にマイクログリッドの普及拡大を後押しするかもしれない。また、送配電設備についてもこれまでの役割が継承されるだけでなく、より需要家側に近い配電設備の重要性が、今後益々高まる可能性も考えられる。

分散型エネルギーの進展によるエネルギー・インパクト

次に、(B) 分散型エネルギーの拡大では、マイクログリッドで活用されるエネルギー源として、日本では主に「(c)コジェネ」と「(d)太陽光発電」を中心に、系統電力からの転換が進展すると考える。例えば、風力、地熱、バイオマス等は立地環境に影響されやすいため、

マイクログリッドの電源としては、特定地域を除き、汎用性は小さい。

エネルギーへの影響を考えた場合、特に留意が必要なのが、(c)コジェネの燃料となるガス需要の増加である。マイクログリッドによるガス需要の増加は、域外から完全に独立した分散型電源が単に増加するのではなく、電力系統からガス系統へとエネルギー供給網が移行するため、LNG の消費量／輸入量への影響だけでなく、LNG の処理施設や貯蔵施設、ガス導管等のガスインフラの処理能力／余力にも影響を及ぼす。例えば、コジェネの普及は、マイクログリッドによるものだけではないが、日本における 2030 年の導入目標が 31.4GW（現在の約 3 倍：総発電量の 15%）^{11,12} であることを考えれば、簡易に見積もっても、都市ガスの最終エネルギー消費量が 35%程度押し上げられるため、一次エネルギーの供給量にも少なからず影響する。また、今後のマイクログリッドの普及拡大次第では、更に都市ガスの消費量を押し上げる可能性もあるため、ガスインフラの整備状況がマイクログリッド普及拡大の足かせとなる可能性も考えられる。そのため、都市ガスについても、電力と同様、スマートメーター（Smart meter）を整備し、デマンドレスポンス（DR）市場を形成していくことも、これからは検討していかなければならないだろう。

次に、(d)太陽光発電については、マイクログリッド内に余剰電力が生じた場合、域内における電気料金の無償化や低廉化等、需要家への還元よりも、マイクログリッドの事業性を考え、域外へ売電する事例が多く発生するものと想定する。この点からも、マイクログリッドの普及拡大では、(a)タイプのマイクログリッドよりも(b)タイプのマイクログリッドの方が進展しやすいと言えよう。また、送配電設備においては、太陽光発電の逆潮流量が増加するため、送配電事業者が実施するアンシラリー対策（電位や周波数等の電力品質を維持する対策）の軽減にはあまり繋がらない。そして、設備対策費の増加により、託送料や系統接続料等の値上げに影響する可能性もあり、マイクログリッドにとっては自ら普及拡大の足かせを作ることになる。

今後、送配電設備では、固定価格買取制度（FIT：Feed-in Tariff）が終了した太陽光発電の余剰電力の無償買取が増大するため、更に電力品質の悪化が進行する可能性がある。そのため、マイクログリッドからの逆潮流も含め、電力品質の悪化要因をできるだけ排除していくことが、送配電設備には要求される。そこで、例えば、太陽光発電等の余剰電力に対して、アグリゲーター等の需要家が需要家間（P2P：Peer to Peer）取引できる市場を確立／充実できれば、太陽光発電の所有者（収入増）、アグリゲーター等の需要家（安価な電源の確保）、送配電事業者（託送収入増、アグリゲーターがインバランス保証）それぞれにとって、メリットになるのではないだろうか。また、そのシステムの運用や信頼性確保には、ブロックチェーンの技術等を活用することも必要となろう。

マイクログリッドによるエネルギーへの影響を考えた場合、今回の考察では、「(A)分散型電力網（自営線）の拡大」よりも「(B)分散型エネルギーの拡大」の要因の方が大きな影響を及ぼす可能性があるとした。そして、エネルギー消費量への影響だけでなく、電力やガス市場等にも様々な影響を及ぼすことが想定される。また、マイクログリッドの大幅な普及拡大は、電力市場においてパイの取り合いが加速するため、小売事業者を始め、送配電事業者

についても統廃合等に歯車をかけるきっかけとなるかもしれない。そのため、日本においてマイクログリッドがどのように進展していくのか、引き続き、注視が必要である。

(著：スマートコミュニティーグループ 山本 尚司)

お問い合わせ：report@tky.ieej.or.jp

(参考文献)

- 1 Navigant Research 「Microgrid Deployment Tracker 2Q17」
<https://www.navigantresearch.com/research/microgrid-deployment-tracker-2q17>
- 2 一般社団法人日本熱供給事業協会 「熱供給事業の導入事例」
<http://www.jdhc.or.jp/%E5%85%A8%E5%9B%BD%E3%81%AE%E7%86%B1%E4%BE%9B%E7%B5%A6%E4%BA%8B%E6%A5%AD%E8%80%85%E4%B8%80%E8%A6%A7/>
- 3 国土交通省 「地域熱供給 50 地区の事業リスト」
<http://www.mlit.go.jp/common/001113135.pdf>
- 4 総務省 「自治体主導の地域エネルギー整備研究会」
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/jichitai_energy/index.html
- 5 経済産業省 資源エネルギー庁 「スマートコミュニティー事例集」
<http://www.meti.go.jp/press/2017/06/20170623002/20170623002-1.pdf>
- 6 内閣府 地方創生推進事務局 「環境未来都市の取組紹介」
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/torikumi/mirai.html>
- 7 関東経済産業局 「平成 28 年度市場競争環境評価調査 (平成 28 年度地域エネルギーサービス (日本版シュタットベルケ) 導入可能性調査)」
http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/smacom/data/20170522chosa_houkokusyo_zenhan.pdf
http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/smacom/data/20170522chosa_houkokusyo_kouhan.pdf
- 8 経済産業省 「特定供給に係る電気事業制度の運用を改善します」 (H26.3.31)
<http://www.meti.go.jp/press/2013/03/20140331009/20140331009.html>
- 9 経済産業省 「第 12 回 制度設計ワーキンググループ事務局提出資料～常時バックアップの見直し・部分供給について～」 (H27.1.22)
http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/denryoku_system/seido_sekkei_wg/pdf/012_06_05.pdf
- 10 電気事業連合会 「発電実績」
<http://www.fepec.or.jp/library/data/hatsujuden/index.html>
- 11 コ-ジェネ財団 「コ-ジェネ財団、コ-ジェネ導入量「2030 年に 3,140 万 kW、1,540 億 kWh」と推計～普及ロードマップ取りまとめ (4 月 9 日)」 (2014.4.17)
http://ace.or.jp/web/latest_trend/list1.php?Kiji_Detail&kijiId=1553
- 12 コ-ジェネ財団 「アドバンスト・コ-ジェネレーション研究会 最終報告書概要」 (2014 年 4 月)
http://www.ace.or.jp/web/ac/pdf/ac_0010/Closeout-Report_Outline.pdf