

自然エネルギーで脱原発はできるか？（V） ～災害時における自然エネ利用；地域マイクログリッドとその活用～

技術士（衛生工学・建設・環境）・第一種放射線取扱主任者等
環境計画センター 会長代行 鍵谷 司

1. はじめに

前回の『環境施設』第167号では、「再エネと蓄電池による災害時利用」を取り上げた。脱原発を目指すためには、自然エネルギー発電の普及は必須である。しかし、発電量の変動が激しく、しかも災害に極端に弱いことからバックアップを確保することは必要不可欠である。

ところで、2018年6月に発生した「北海道胆振東部地震」では、これまで経験したことのなかった、道内全域が完全に停電するブラックアウトが実際に起こった。電力供給に十分な余裕があり、自然エネルギー発電も普及し、しかも本州からの送電網も完備されているにもかかわらず、停電を回避できなかったのである。最も心配したのは、道内唯一の泊原子力発電所である。電気がないと冷却できないシステムには疑問が湧き、また電力供給を「一発電所に大きく依存すべきではない」ことを痛感する。さらに、自然災害が続く。2019年9月の「千葉県 令和元年度房総半島台風」では、関東各地が強烈な風台風に襲われ、送電網が甚大な被害を被った。送電網の損壊や土砂崩れや倒木が多く、短期間での復旧が困難であり、広範囲に長時間にわたって停電が続いた。

このような自然災害による送電網の損壊に伴う大規模な停電発生は、従来の大規模電力供給システムの欠点を浮き彫りにした。一方、太陽光発電などのエネルギー源が地域に数多く分散して分布しており、その利用は停電の被害を最小限に留めることができた事例も多い。つまり、地域に限定した小規模な送電網である「地域マイクログリッド」の整備により災害に強い社会システムを構築

することができる。このような考え方のもとで、様々な形態の地域マイクログリッドシステムが注目されている。自然エネルギーの有効活用を念頭に、その概念と活用事例を紹介する¹⁾。

2. 災害時における分散型エネルギーの活用

従来、電力供給事業は、大手電力会社の集中型エネルギー供給により行ってきたが、巨大地震や大型台風などによる災害時には、送電網を速やかに復旧することは困難であることが実証された。一方、非効率と考えられていた、地域に小規模に分散するエネルギーの利用による対応が容易であったことから、しだいに見直されつつある。大手電力会社に頼らない、地域に分散する小電源を繋ぐ「マイクログリッド」（小規模送電網）と呼ばれる「街づくり」が始まっている。長期停電に備えて地域の電力を自ら確保しようとする取り組みである。

なお、令和4年度には経済産業省により「地域共生型再生可能エネルギー等普及促進事業費補助金交付」が行われている。その目的は、地域マイクログリッドの構築等を行う事業に対して経費を補助し、地域の系統線を活用したエネルギーの面的利用と災害時の自立運用が可能な電力システムの普及を目指すこととある。

2. 1 集中型エネルギー利用から分散型エネルギー利用へ

（1）分散型エネルギーと利用形態！

「分散型エネルギー」とは、比較的小規模で、かつ様々な地域に分散しているエネルギーの総称であり、従来の大規模・集中型エネルギーに対する

相対的な考えである。

1) 分散型エネルギー利用の意義と課題等

地域に存在する小規模エネルギーを、一定規模のエリアで面的に利用するシステムが分散型エネルギーシステムである。種類や規模、利用側の使用条件、あるいは遠隔利用など様々な形態がある。その意義は、表1に示すように非常時におけるエネルギーの安定供給、需要地における地産地消による送電ロスの低減、エネルギーコストの低減や環境負荷の軽減、あるいは「地域活性化」、「エネルギー供給への参画」、「系統負荷の軽減」等、電力の安定供給に大きな役割を果たしうる。

2) 分散型エネルギー利用の形態

分散型エネルギーの利用形態には、創エネ機器、電気あるいは熱利用、単体あるいは組み合わせ機器などがある。

①使用する創エネルギー機器の別

②電気あるいは熱エネルギー形態の別

③機器単体あるいは複数機器の組合せ利用など様々な形態が存在する。

また、利用にあたって次のような地域のエネルギー分布や電力消費などを考慮したエネルギー供給システムが想定される。

①自産自消：分散型エネルギーの設置された施設内で利用

②面的利用：分散型エネルギーの近接地で面的に利用

③遠隔利用：FIT（固定価格買取制度）で売電

等により系統ネットワークを通じ遠隔地で利用

このように地域の特性や需要の形態等に合わせた様々な分散型エネルギーシステムが構築されている。また、地域ごとに分散エネルギーの種類および給電量、需要分布や需要量が異なるので、その地域の特性を有効に活用した多くの組み合わせがある。とくに、マイクログリッド対象地域が限られることから、利害関係や公平性などにも配慮したシステムの構築が不可欠であり、社会的な合意形成などの手続きも必要になる。

2. 2 分散エネルギーの種類と特徴

比較的小規模で地域に分散するエネルギーを電源別に区分すると、次の4種類に分けられ、それぞれの特徴と具体的な電源を以下に示す²⁾。

①化石燃料を利用した発電設備

天然ガスや石炭等の化石燃料のエネルギーを取り出して発電し、併せて発生する熱を回収し、利用することで、総合的にエネルギーの利用効率を高めることができる。燃焼熱を利用するので、大規模から小規模まで様々な発電や熱利用が容易である。災害時の非常用電源としても有効であり、ディーゼル・ガスエンジン、ガスタービン、排熱回収冷凍機、ヒートポンプなどがある。

②再生可能エネルギーを利用した発電設備

太陽光や風力などの自然エネルギーを活用するので、資源（物質）が枯渴することがなく、国内

表1 分散型エネルギーの一般的な意義¹⁾

安定供給	【非常時のエネルギー供給の確保】 ○非常時のエネルギー供給の確保に繋がるなど、エネルギー供給リスクの分散化が可能。		
経済効率性・環境適合	【エネルギーの効率的利用】 ○熱の有効活用による高いエネルギー効率の実現や、再生可能エネルギー・未利用エネルギーの有効活用による1次エネルギーの削減、需要地で地産地消することによる送電ロスの低減等により、エネルギーを効率的に活用することが可能。 ○これにより、エネルギーコストの削減や、環境負荷の軽減に貢献することが可能。		
追加的な意義	【地域活性化】 ○地域資源の有効活用や、地域のエネルギー関連産業の発展等を通じて地域経済の活性化に貢献。	【エネルギー供給への参画】 ○需要家自らがエネルギー供給に参画することにより、エネルギー需要構造の柔軟化を実現。	【系統負荷の軽減】 ○分散型電源を地産地消で活用することができれば、系統負荷の軽減に貢献。

で永久に確保、利用できる。しかも、二酸化炭素や大気汚染物質を排出しないので、環境への負担が小さいクリーンなエネルギーである。

しかしながら、自然条件の影響を大きく受け、とくに太陽光および風力発電は出力が不安定、バイオマス発電は、燃料のバイオマスを長期的に安定的な確保が難しい、地熱発電では立地条件が国立公園地帯に多く、アクセスの確保、環境保全に問題のある事例が多い。

【例】太陽光・風力・小水力発電、バイオマス発電、地熱発電など

③水素を利用した発電設備：燃料電池

水素と酸素の化学反応から直接電気エネルギーを取り出すため、発電効率が高い（35～60%）。また、発生する熱を回収・利用することで総合的にエネルギー効率を80%程度まで高めることができる。しかも、排出物は水だけのクリーンエネルギーである。余剰電力を用いて水を電気分解し、

水素として貯留することが容易であり、自然エネルギー発電ができない場合には、貯留水素を用いた「燃料電池」から給電できるので、再エネの最大の欠点である発電量の不安定化を平準化できる。さらに、石油に代わる水素エネルギーは、脱炭素社会の構築に向けた切り札でもあり、取組みが活発化している。

【例】燃料電池（住宅用／業務用・産業用／大規模発電用）

※燃料電池の原理…水の電気分解で水素と酸素が生じる反応の逆反応を行わせ、水素と酸素から水を作る際に電気を得る。「電池」と言うが、電気を溜めるのではなく、天然ガスやメタノールを改質して「水素」を作り、これと空気中の「酸素」との反応で電気を作り、同時に発生する熱も利用し、エネルギーの利用効率を高めることができる。

※水素の爆発限界は、空気との混合割合が4.1～



写真1 太陽光発電（メガソーラー）



写真3 バイオマス発電（木質・燃焼）



写真2 風力発電



写真4 地熱発電

74.2%と広く、取り扱いが難しい。また、 -253°C で液化し、体積は $1/800$ となるが、通常、高圧に圧縮して貯蔵、運搬を行う。

④電力貯蔵設備；蓄電池

化学エネルギーで貯蔵する蓄電池（二次電池）が広く普及している。とくに、産業用蓄電池はオフィスや工場、公共の施設などで利用するので、家庭用蓄電池の数倍～数十倍以上もの容量を備えている。一般的に複数の蓄電池を統合したネットワークシステムとして普及しつつある。これにより需給バランス調整、ピークカットや停電時の非常用電源として導入が進みつつある。

また、移動電源である電気自動車の蓄電池を利用するシステムの導入も進んでいる。石油の高騰が予想される中で、電気自動車の普及が急速に進む可能性があり、しかも、個人が所有するので、膨大な数、容量であり、活用システムを構築ができれば、平常時の電力のピークカットや災害時に

大きな役割を果たすことが期待できる。

【例】蓄電池（住宅用／公共・産業用）、電気自動車利用など

2. 2 地域マイクログリッドシステムとは！

分散エネルギーは、地域に分布する小規模な電気・熱の有効利用によるエネルギーの消費削減、ひいては二酸化炭素排出削減に大きな効果もたらすが、ここでは、災害時における電力の安定供給に注目した。

（1）地域マイクログリッド（小規模送電網）とは！

電力の供給は、平常時には地域に分散する再生可能エネルギー電源等（以下、「再エネ電源」等）は、系統線を通じて電力会社へ売電する。一方、停電等の非常時には、事故復旧のため系統線から切り離される地域は広い範囲で停電する。が、地域に分散するエネルギーを独自の送配電網あるいは解列された系統線を活用して対象範囲内に電力を供給することにより対象範囲の停電を防ぐことができる。

しかし、地域マイクログリッドシステムは、系統線とは別に新たに自営線を敷設する必要があり、高額な費用負担が大きなネックになる。最近では、系統線から切り離された送電網を活用するなど、様々な取り組みが試行されている。また、平常時において太陽光発電等の分散型エネルギーとマイクログリッドシステムを構築し、対象範囲の電力を自産自消し、不足時に系統線からの給電により安定的に安価に電力の供給する事例もある。

（2）マイクログリッド構築の基本的なシステム¹⁾

地域マイクログリッド構築の基本的なモデルを図1に示す。対象範囲内では、通常、電力会社の系統線により電力が供給され、再エネ発電の余剰電力が逆潮流で系統線に給電される。再エネが不安定な状態時には蓄電池やコジェエネによる需給調整が行われ、安定した電力が供給される。しかし、災害等で停電などの非常時においては、対象範囲内でマイクログリッドと系統線が切り離され



写真5 家庭用蓄電池の事例



写真6 電気自動車とパワーコンディショナー

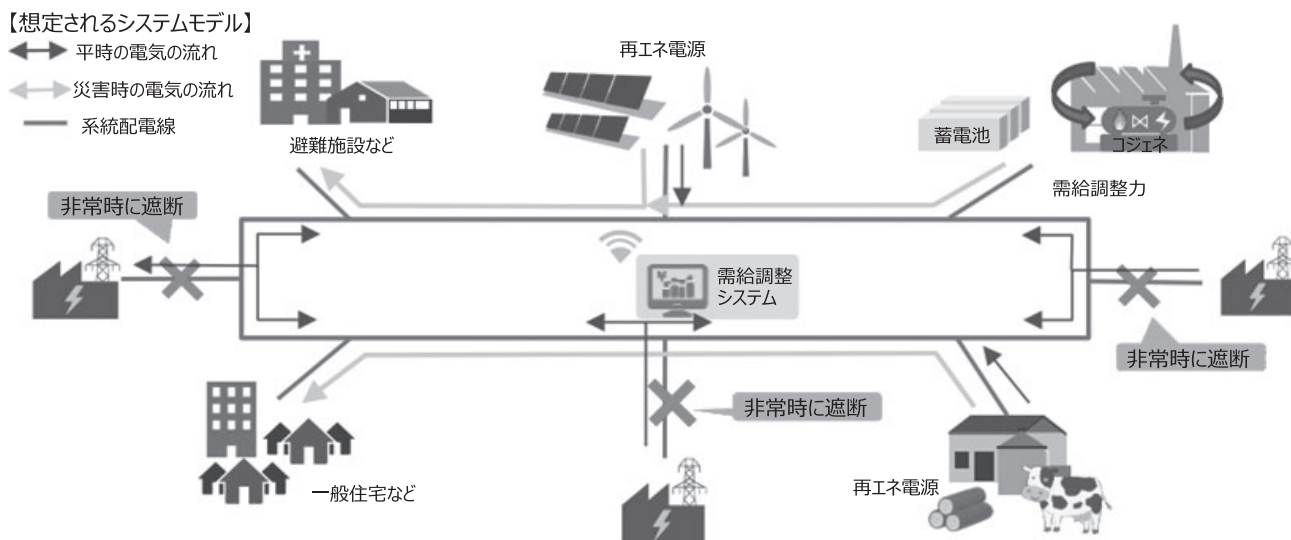


図1 想定される地域マイクログリッドシステムのモデル¹⁾

て遮断される。同時に、あらかじめ設定された地域内の需給調整システムが作動し、再エネ発電、コジェネや蓄電池からマイクログリッドに送電され、地域内の一般住宅や避難施設などに給電される。

停電が復旧すると、従来通りマイクログリッドと系統線が一体化し、全地域に電力が供給される。地域送電網は、避難場所、役場や医療機関など、インフラ機能を考慮して複数段階で設定され、停電の規模や期間に応じて範囲が複数設定され、停電中でも社会が機能し、影響が最小限に留まるようにシステムが構築される。なお、地域マイクログリッド構築する上では、自治体、再エネ事業者や需要家など関係者による調整が必須である。

このように地域マイクログリッドの導入は、災害時における主要施設の停電を防ぐとともに、エネルギー利用の効率化、地域産業の活性化にも寄与できる。

2. 3 地域マイクログリッドの事例

最近、地域マイクログリッドによる様々な事例が増えている。地域マイクログリッド整備の最も大きな問題は、新たに地域送電網を自力で敷設する必要があり、高額な費用負担を伴うことである。地域マイクログリッドは、図2に示すように人口構成や分布あるいは地形や立地など地域特性によ



図2 地域特性によるマイクログリッドのモデル¹⁾

り分類することができる。つまり、マイクログリッドでカバーできる範囲が狭ければ、自営線の設置や調整なども容易であるが、人口の多い都市部においては、自営線による給電効率は良いが、災害時の系統線の解列順序、範囲などの調整が複雑で難しくなる。

(1) 非都市部の事例；千葉県睦沢町「むつざわスマートウェルネスタウン」³⁾

2019年9月の道の駅のリニューアルに合わせ、環境共生型の戸建て住宅を整備した千葉県睦沢町「むつざわスマートウェルネスタウン」がある。町内で生産される天然ガスや太陽光発電の電力を道の駅（写真7）と住宅に供給し、さらに、ガス発電時の廃熱を利用して温水を温浴施設に供給し、エネルギーの地産地消を図っている。

その概念図を図3に示したように、町と地元企業が設立した地域新電力がガスコージェネレーション、太陽光発電、太陽熱システムによる電気と熱の供給を行っている。対象範囲外の外部電力や系統線とも接続されているが、停電時にはガスエン



写真7 道の駅むつざわつどいの郷³⁾

ジン発電が開始し、速やかに防災拠点の道の駅に給電・給湯することにより自営線のみで分散型エネルギーを活用できるシステムである。その特徴は次の通りである。

- 国の重点「道の駅」に選定され、災害時に防災拠点としての機能を担う
- 供給側のエネルギーマネジメントで系統への逆潮流をなくし、需要側のエネルギーマネジメントにより外部からの受電を最小化する。
- 自営線（送電網）の地中化を行っており、台風時にはほとんど被害を受けなかった。なお、自営線の敷設費は、託送料金抑制効果等により投資回収を行う。
- 地元産の天然ガスを用いてガスコジェレーションにより発電し、電力を供給するとともに排熱を利用して温水を提供する。
- 太陽光発電とガスコジェレーションにより安定した電力を供給できる。
- 道の駅（写真7）が核となり、温浴施設等や住宅に給電できる。

本事例では、蓄電池は併設されていないが、蓄電池を活用した非都市部におけるマイクログリッドの事例もある。

①北海道鹿追町「町中心部の重要施設」

人口5,542人の北海道鹿追町では、北海道胆振東部地震による大停電を契機にマイクログリッドを整備した。町中心部の半径300mの範囲の町役場・病院・小学校などの施設が対象であり、通常と災害時に電気の供給バランスを切り替えられる。通常は、電力の約3割を太陽光発電で、約7割を系統線で賄っている。太陽光発電所には蓄電池が併設されており、発電量が不足しても安定して電気供給ができる。また、人口7,000人弱の北海道松前町では風力発電と蓄電池を併用したマイクログリッドが稼働している。

②宮城県東松島町「スマート防災エコタウン」⁴⁾

東日本大震災を契機に宮城県東松島市（人口約39,000人）では、マイクログリッドを備えた「スマート防災エコタウン」を整備した。系統線からの電力供給が停止しても、最低3日間は普段と同じように電気を使える。電源は、エリア内の太陽光発電と大型蓄電池などを組み合わせた設備で、公営住宅（85戸）・病院・防災拠点となる集会所などが対象である。普段は太陽光発電でエリア内の電気の約3割を賄い、停電などで電力供給が停止すると自動的にマイクログリッド主体に切り替わる仕組みである。

（2）都市部の事例；神奈川県川崎市¹⁾

神奈川県川崎市は、人口が約154万人の政令指定都市である。都市部における地域マイクログリッド

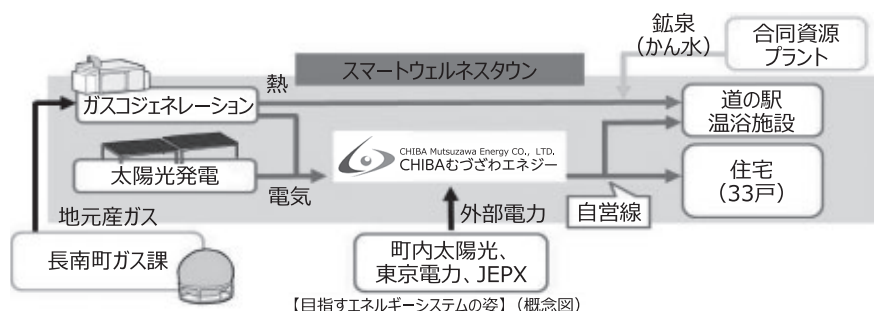


図3 千葉県睦沢町「むつざわスマートウェルネスタウン」の概念図³⁾

ドの典型的なモデルとして有名である。図4に示すように、市の重要施設や避難施設等をマイクログリッドの対象範囲とし、非常時には複数のポイントで系統を解列、同時に非常時のみ開放されるポイントが存在し、再エネ発電設備等によりマイクログリッド範囲内に電力を供給する。

分散エネルギーとしては、風力や太陽光発電あるいは工場などの自家発電設備がある。停電の発生時に地域のマイクログリッドを自立し運用する際には、系統からの切り離し箇所（解列点）あるいは非常時のみに切り替える箇所が多数存在する。これが逆に復旧時の作業を煩雑にし、復旧の遅れにつながる。また、解列点も停電規模や電力確保箇所などが多数あるので、詳細な計画と停電時の地域や規模など詳細な情報が必要である。なお、分散電源に風力発電や太陽光発電の自然エネルギーを主体にすると、気象条件あるいは夜間にはまったく発電できないこともあり、蓄電池の併

用が必須になる。

災害等によって起きる停電が人口密集地で発生すると大きな混乱が起きるため、非常時の電力供給設備や需給調整の設備等の規模も比較的大きく、解列ポイントも多くなる。国内での事例はほとんどなく、構想の段階である。

また、都市域におけるマイクログリッド計画としては、神奈川県小田原市「20万都市のマイクログリッド構築」の事例がある。平常時は、一般家庭において太陽光で発電した余剰電力を同地域内の大型蓄電池や電気自動車に供給する。非常時には、マイクログリッドを発動し、電力供給を蓄電池に切り替え、系統電力に代わる分散型電源としてエリア内の市民生活を支える。詳細は下記URLを参照のこと。

- ・地域マイクログリッド構築事業－小田原市⁵⁾
<https://www.city.odawara.kanagawa.jp/field/envi/energy/rmg/>

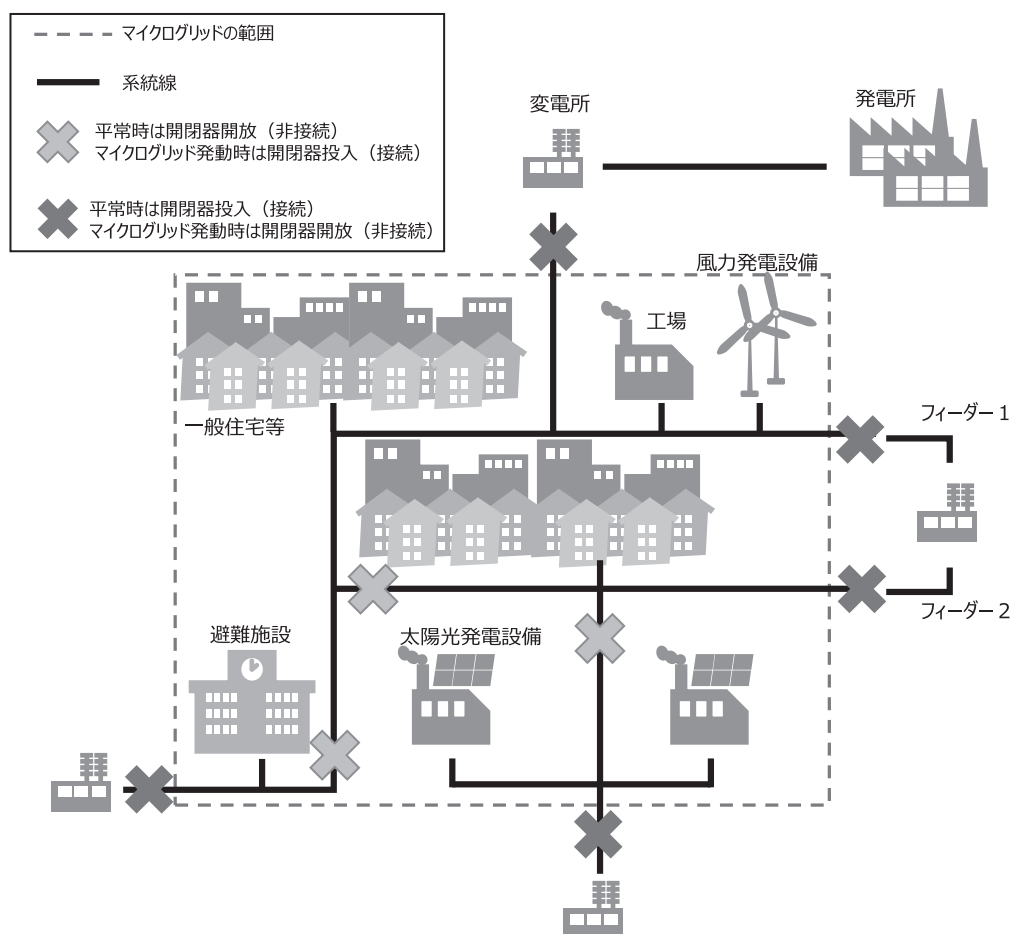


図4 都市部における地域マイクログリッドのモデル¹⁾

(3) マイクログリッド事業の事例一覧

太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギーが普及するにしたがって、発電量は小さいものの自産自消、また、メガソーラーのような規模の大きなものも増加し、地域における分散エネルギーが著しく増えている。あるいは、ハイブリッドカーや電気自動車の普及に伴い蓄電池の利用も容易になるなど、電力供給について社会基盤が変化しつつある。

とくに、2011年3月の東日本大震災、2018年9月の北海道胆振東部地震、あるいは2019年9月の千葉県房総半島台風などにより大災害が頻発し、

大規模な停電が長時間にわたって発生した。

このような停電に対応するためには、従来の大手電力会社から集中供給体制から地域に分散する発電源を用いて地域にマイクログリッド（小規模送電網；自営線）を整備し、分散するエネルギーを地域内で有効に活用する方策が注目されている。国もこのような生活基盤の安定化のために、補助金制度による支援体制を整備している。最近では、マイクログリッドに取り組む事例が50以上との報告もある。一部ではあるが、報告事例から抜粋して掲載しておく。

表2 マイクログリッドの事業一覧⁶⁾

No.	事業名	実施都道府県・市町村
1	工場内の複数建物への電力・熱融通事業	群馬県太田市東新町
2	佐久総合病院における電気と熱の面的利用事業	長野県佐久市
3	日清食品(株)滋賀新事業所におけるスマートエネルギー推進事業	滋賀県栗東市
4	地産地消型コージェネレーション設備の導入による電気と熱の面的利用推進事業	愛知県安城市二本木新町
5	高効率CGSと再エネを活用したエネルギーの面的利用	埼玉県狭山市
6	「(仮称)立飛みどり地区プロジェクト」における需要・供給統合型CEMSを用いた再生可能エネルギーのカスケード利用事業	東京都立川市曙町
7	「F-グリッド」を核としたスマートコミュニティ事業	宮城県黒川郡大衡村
8	港明開発エリアにおける大型蓄電池と分散型電源を用いた都市型低炭素エネルギーマネジメントシステム構築事業	愛知県名古屋市港区
9	柏の葉キャンパス駅周辺4街区地域電力制御システム実証事業	千葉県柏市
10	平成29年度潮芦屋再生可能エネルギー面的利用事業化申請	兵庫県芦屋市涼風町
11	石狩市における再エネエリア設定を軸とした地産エネルギー活用	北海道石狩市
12	仙台マイクログリッド実証事業	宮城県仙台市青葉区
13	岳南電車軌道敷を活用した地域電力事業	静岡県富士市
14	むつざわスマートウェルネスタウンにおける地元産ガス100%地産地消システム構築事業	千葉県長生郡睦沢町
15	相馬市再生スマートコミュニティ構築事業	福島県相馬市
16	スマートコミュニティによる葛尾村の復興モデル事業	福島県双葉郡葛尾村
17	東松島スマート防災エコタウン	宮城県東松島市
18	自立分散型エネルギーの面的利用による日本橋スマートシティの構築	東京都中央区日本橋室町
19	浦添市でだこ浦西駅周辺開発地区におけるスマートシティ開発におけるエネルギー供給事業及びエネルギーマネジメント事業	沖縄県浦添市
20	日置市における地産地消型エネルギー利用のためのコンパクトネットワーク構築事業	鹿児島県日置市
21	事務所・商業・公共空間・住宅への複数再エネおよび $\pm$ DR等の高度なエネマネを導入した電力・熱融通型特電・DHC事業	東京都港区虎ノ門
22	新潟市秋葉区程島地域にエネルギー面的利用のためのコンパクトエネルギーネットワーク構築とエネルギー供給事業の事業性調査	新潟県新潟市秋葉区
23	新地町地産地消型エネルギー利用を核とした復興まちづくり事業	福島県相馬郡新地町
24	街区をまたぐ新たな電力融通と地点熱供給と新築ビルを含めたコミュニティの省エネ最適制御・地域BCP貢献に取り組む事業	東京都港区六本木
25	清原スマートエネルギーセンター	栃木県宇都宮市
26	芝浦二丁目スマートコミュニティ計画	東京都港区芝浦

おわりに

太陽光発電や風力発電の普及拡大に伴って地域に分散するエネルギー源（小規模電源）が大きく増加した。一方、大手電力会社による集中型電力供給システムは、大地震や台風時に送電網が損壊した場合、広範囲に長期わたって停電する問題が浮上した。一方、範囲を限って地域内で発電し、系統線に依存せずにマイクログリッド（小規模送電網；自営線）を整備した事例では、対象範囲内では大きな混乱もなく、支障なく日常生活を確保できることが実証された。このような現実から多くの自治体が企業と協力してマイクログリッド構築の取り組みが活発化している。しかし、自然エネルギー発電は、発電量が極端に変動するので、蓄電設備との併用が必須になりつつあり、とくに固定蓄電池の大型化や移動蓄電池と言われる電気自動車の活用が大きな役割を果たすことが明らかになっている。

ところで、分散型エネルギー源として自然エネルギー発電、コジェネ、ガスエンジン、燃料電池などの活用事例は多いが、もう一つ有用な地域電

源が存在する。自治体が主体となって整備するごみ処理施設である。最近では、ごみ発電施設の整備が推進されており、その数は全国で384ヵ所（令和2年度時点）、総発電量は年間約100億kWhに達している。燃料となるごみは家庭から安定して排出されており、10万人規模の都市から排出されるごみ量は日量およそ100トンであり、発電量は1日4～5万kWh（4,000～5,000世帯の消費電力に相当）が期待できる。ごみ処理施設でも電力は消費するが、かなり大きな発電設備に該当する。これを分散エネルギー源として活用できないのであろうか？

今回は、我が国のエネルギー政策を検討するにあたり、しばしばEUとの比較、例えばドイツの脱原発や北欧の風力発電への高い依存などが比較対象として取り上げられる。が、基本的に発電・消費電力を精査せずに、表向きの「いいところ取り」に目を向け、短所は取り上げていないことが多い。我が国の地勢等を勘案した、現実的な実態を元に議論するべきであり、まずは、自国の送電網などの実態について調べたので紹介する。

〈引用・参考文献〉

- 1) 地域マイクログリッド構築の手引き；経済産業省、2021.4.16
- 2) 分散型電源とは、新エネルギーシステム、製品分野別情報；JEMA一般社団法人日本電機工業会
- 3) 千葉県睦沢町「むつざわスマートウェルネスタウン」
<https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/chiikiene/data/03mutsuzawaenergy.pdf>
- 4) 本間貴志；マイクログリッドとは？ 次世代電力ネットワーク最新事例集
- 5) 小田原市EVを活用した地域エネルギーマネジメントモデル事業 中間レポート；神奈川県小田原市
- 6) マイクログリッドの導入事例に関する調査報告書；住環境計画研究所（令和3年2月）