

国内外経済の動向

地域分散・脱炭素化時代のコージェネレーション

【ポイント】

1. 地域分散型のエネルギーシステムは、省エネにつながるコージェネレーションにおいて優位性を持っている。
2. 地熱をはじめ、地域ごとの特性を生かしたエネルギー供給システムの構築と、そのシステムを核とした地域分散型コミュニティの発展は、脱炭素化時代において大きな潮流となる可能性を持つと考える。
3. 加えて、ロシアのウクライナ侵攻が世界的に原油・天然ガスの供給不安を高めるなか、千葉県のほか新潟県・宮崎県などで生産される水溶性天然ガスや各地での地熱の利用加速はエネルギー安全保障の観点からも重要性を増している。

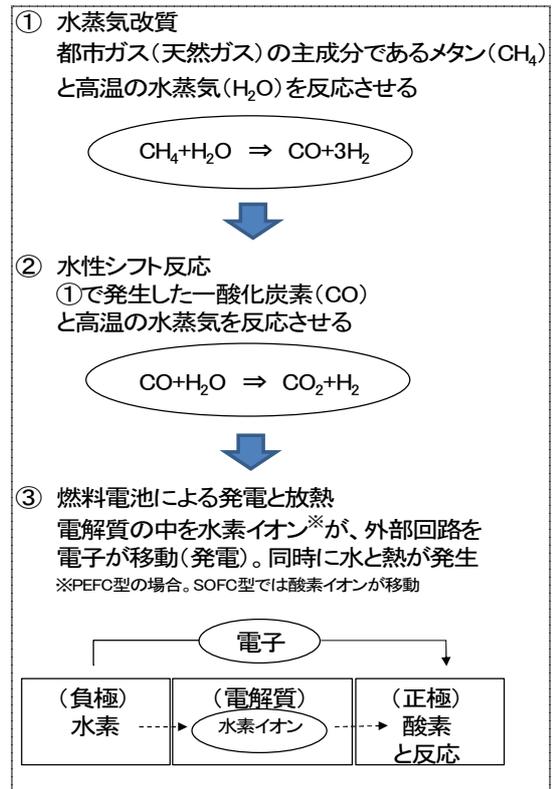
1. 家庭用燃料電池コージェネレーションシステム

地域分散型のエネルギーシステムは、大規模・集中型のエネルギーシステムに比べて、省エネにつながるコージェネレーションにおいて優位性を持っている。コージェネレーションは熱併給発電とも呼ばれ、発電の際の排熱などを利用して、総合エネルギー効率を高めるエネルギー供給システムである。

では、どのような形で省エネにつながるのか。地域分散型エネルギーシステムの究極の形態とも言える、家庭用の燃料電池コージェネレーションシステムの仕組みの説明から始めたい。ちなみにこのシステムは燃料電池実用化推進協議会により業界統一的に「エネファーム」という愛称がつけられている。都市ガス（天然ガス）を利用するタイプとLPガス（プロパンガス）を利用するタイプがあるが、ここでは一般的と思われる前者によって説明する（図表1）。まずは①と②の過程により、都市ガスから水素を製造する（同時に二酸化炭素も発生する）。その後、③の過程により①と②で製造した水素と空気中の酸素を反応させて発電するとともに、排熱を利用して湯を沸かし、家庭内に給湯する。

こうしたコージェネレーションシステムは一次エネルギー（自然から得られる変換加工されない状態のエネルギー、たとえば石油、天然ガス、太陽光など）の利用率が高い（省エネ効果がある）。高効率型のエネファーム（SOFC型）では、排熱の大部分が利用可能であることに加えて送電中のロスもなく、エネルギー利用率は90%近くに達する。対して遠隔地の

図表1. 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの仕組み



(資料) 各種資料により富国生命作成

火力発電所で天然ガスの燃焼により発電した場合、高効率のコンバインドサイクル発電(燃焼時の排熱を二次利用して更に発電)であったとしても、家庭に届くまでの送電中のロスも含めればエネルギー利用率は50%程度に留まる。

さらに、天然ガスは石油など他の化石燃料と比較すればエネルギー利用時の二酸化炭素の排出量が小さい。石炭の発熱量あたり排出量を100とすれば、原油は75程度、天然ガスは55程度となる。家庭用燃料電池コージェネレーションシステムは先に述べたように発電時ではなく水素の製造過程で二酸化炭素が発生するものの、省エネ効果もあることから、化石燃料を一次エネルギーとするエネルギー供給システムのなかでは、地球温暖化防止の観点からも望ましいといえる。

2. ガスタービン等によるコージェネレーションシステム

前章では最小単位とも言える家庭用から話を始めたが、コージェネレーションシステムはもちろん地域単位でも活用されている。2019年9月に台風15号の影響で千葉県の大範囲が数日間の停電に見舞われるなか、早期の電力供給再開と周辺住民への無料の温水シャワー提供が話題となった千葉県睦沢町もその一例である。ここでは地産(南関東ガス田)の天然ガス(地下水に含まれる水溶性ガス)によるコージェネレーションシステムで道の駅と周辺住宅に電力を供給(太陽光発電を併用)するとともに、排熱を利用して温浴施設に温水を供給(太陽熱を併用)している(むつざわスマートウェルネスタウン)。

コージェネレーションシステムの主な方式にはガスタービン、ガスエンジン、ディーゼルエンジン、燃料電池があり(図表2)、いずれにしても需要地の近くで発電を行うため熱エネルギー(排熱)を有効活用できる。ガスタービンの仕組みについて補足説明する。ガスタービンは前方から吸入した空気を、多数の羽根車を持つ圧縮機で高温・高圧にする。次にその空気を燃焼器に送って燃料を噴射して燃焼させる(始動時にだけ点火が必要だが、その後は自動的に燃焼が続く)。燃焼で生じたガスは膨張しながら高速で後方に流れるため、その力でタービンを回転させて発電する。このガスが持つ熱を近隣に供給することでコージェネレーションシステムとなる。

コージェネレーションシステムの導入においてはそれぞれの原動機の特徴を踏まえて、一般的に熱需要が大きい場合にはガスタービンが、また起動・停止を毎日行いかつ電力需要が高い場合はガスエンジンやディーゼルエンジンが用いられる。導入時期や原動機の価格等の影響も受けている可能性はあるが、例えば幕張新都心地域ではガスエンジンが用いられ、新宿副都心地域ではガスタービンとガスエンジンが併用されている。

なお、コージェネレーションシステム構築における課題・リスクには、電力需要と熱需要のバランス不一致による総合効率の低下(事前の電力、熱需要の把握や適切な原動機選定などが必要)、燃料供給・価格の安定性、電力・熱供給に必要な送配電設備や導管等の整備または委託先確保などがある。

電力需要のバランスについては、エネルギーマネジメントシステム(情報通信技術を用いて需要家のエネルギー使用状況や設備の運転状況を管理、エネルギーの効率的な利用を実現するシステム)の活用や、電力需要がピークとなる時間帯に供給能力を上回る需要が発生する可能性がある場合、需要家に対して節電要請を行いその要請に協力することを事前契約す

図表2. コージェネレーションシステムの主な方式

原動機	特徴
ガスタービン	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の燃焼により生成した高温ガスでタービンを回して発電 熱を高温の蒸気として回収できるため、排熱利用に比較的優れる 燃料は天然ガス、LPガス等の気体燃料や液体燃料を使用し、その切替も可能で幅広く対応
ガスエンジン	<ul style="list-style-type: none"> 気体燃料の燃焼によりピストンエンジンを動かすことで発電 発電効率が高く、電気の利用に比較的優れる 排熱は蒸気+温水または全て温水として回収 燃料は天然ガス・LPガス等が使用可能
ディーゼルエンジン	<ul style="list-style-type: none"> ピストンで空気を圧縮して高温高圧としたうえで液体燃料を噴射し、自然着火・膨張させてエンジンを動かすことで発電 燃料は軽油・重油等の液体燃料
燃料電池	<ul style="list-style-type: none"> 水素と空気中の酸素との化学反応により直接電力に変換 熱機関より発電効率が高く、騒音や振動も小さい 天然ガス・LPガス、灯油等から水素を生成し、燃料とする

(資料)(一社)低炭素投資促進機構「地産地消の分散型エネルギーシステム構築ガイドブック」

などの対処法もある。

送配電設備については、自営線の整備または託送による供給を選択する必要がある。陸沢町のケースでは、自営線を整備していたことが台風被害時の早期の電力供給再開につながった。ただし、自営線にはその建設・維持費用はもちろんのこと、(発電事業者としての経済産業大臣への届出のほか

に) 特定送配電事業者としての届出もしくは小売電気事業者としての登録も必要となる(図表 3)。

図表 3. 電気事業者の分類

分類	小分類	説明
A. 発電事業		発電した電気をC. 等に供給する者【届出制】
B. 送配電事業	一般送配電事業	A. から受けた電気をC. 等に供給する者【許可制】
	送電事業	A. に電気の振替供給を行う者【許可制】
	特定送配電事業	特定の供給地点における需要に応じ電気を供給する者【届出制】
C. 小売電気事業		一般の需要に応じ電気を小売する者【登録制】

(資料) 資源エネルギー庁より富国生命作成

3. 再生可能エネルギーによるコージェネレーションシステム

前章まで、主として天然ガスによるコージェネレーションシステムについて述べてきた。これは化石燃料を一次エネルギーとするなかでは省エネと二酸化炭素排出量の削減につながる。特に陸沢町のように地産の天然ガス利用ならばエネルギー源の地域分散に加えて輸送時の二酸化炭素排出量も小さく、支持されるべきだろう。「資源エネルギー白書 2021 (資源エネルギー庁)」によれば、日本のエネルギー自給率は 12.1% (2019 年度) と低い。地産のエネルギーシステムが普及してエネルギー自給率が上昇すれば、国際情勢によるエネルギーコスト変動から受ける影響の緩和にもつながる。

一方、再生可能エネルギーを一次エネルギーとするコージェネレーションシステムについても見ていきたい。再生可能エネルギーとは比較的短期間に(または利用する以上の速度で)自然界によって補充されることを意味し、太陽光や風力も含まれるが、コージェネレーションシステムに利用されるのは主としてバイオマスと地熱だろう。バイオマスとは再生可能な生物由来の有機性資源であり、化石資源を除いたものと定義される。バイオマスは燃焼時に二酸化炭素を排出するが、ここで含まれる炭素は成長過程で吸収した二酸化炭素に由来するため、全体として大気中の二酸化炭素量は増加しないと解釈される。バイオマスを使った電力・熱供給には木質バイオマス(木材を小さく切り刻んだ木材チップやおが粉等を成型圧縮した木質ペレットなど)を直接・間接的に燃焼させる方法や、家畜ふん尿・生ごみなどを嫌気性発酵させて発生するバイオガス(天然ガスの主成分であるメタンガスなど)を利用する方法がある。

木質バイオマスによるコージェネレーションシステムの一例には、岐阜県高山市にある熱電併給施設があげられる(飛騨高山しぶきの湯 小型木質バイオマス発電所)。ここでは、地元の森林から産出される未利用木材(間伐材など)を加工した木質ペレットを購入・使用している。木質ペレットは施設のガス化ユニットで高温の水蒸気によりガス化され、可燃性ガス(一酸化炭素・水素・メタン)が取り出される。可燃性ガスは熱電併給ユニット(ガスエンジン)に送られて燃焼し、発電と放熱が行われる。電気は一部自家利用しつつ、固定価格買取制度により大手電力会社に売電される。ガス化ユニットにおける冷却熱および熱電併給ユニットにおける排熱は、市営温浴施設に販売されている。なお、日本では木質バイオマスの燃焼により水を暖め、水蒸気でタービンを回して発電する方式(ボイラー式)は従来からあるが、高山市の(小規模でも効率性の高い)ガス化式は比較的新しいものだ。

生育に酸素を必要としない微生物を利用した嫌気性発酵によるバイオマス発電でも、周辺地域での熱利用が行われている。例えば北海道鹿追町の施設(鹿追町環境保全センターバイオガスプラント)では、微生物による家畜ふん尿や生ゴミの分解で発生するバイオガスを使用し、一般家庭の約 600 世帯分相当の発電を行う(施設内利用および大手電力会社に販売)とともに、発生する熱をさつまいも・マンゴーの栽培やチョウザメの養殖に利用している。発酵後に残る消化液は有機肥料として農地・牧草地で利用している。さらには家畜ふん尿を

プラントで処理することで悪臭の軽減、地下水・河川への負荷軽減にも効果を上げている。

より都市部に近い場所でもバイオマス発電が行われている。東京都羽村市の施設では、食品工場などから排出される食品廃棄物を原料にバイオガスを生産し、一般家庭の約 1,550 世帯分相当の発電を行うとともに、熱を施設内で利用している。ちなみに臭気については、施設周辺でも殆ど感じないようだ。ごみの有効利用としても大きな意義があると思われる。

地熱発電¹⁾については、コージェネレーション利用が自明のように思われる。国内初の商用地熱発電所である岩手県の松川発電所からの温水供給が八幡平温泉郷の形成につながったことを始め、冬季農業用ハウスや水産物の養殖場も含め各地で給湯・暖房利用が行われている。日本は世界 3 位の地熱資源量（1 位の米国の 8 割弱、2 位のインドネシアの 8 割強）を持ちながら、これまでその利用が非常に少なかった（地熱発電の設備容量は米国の 1 割強、インドネシアの 2 割強）。2019 年に稼働開始した秋田県の山葵沢発電所は出力 1 万 kw を超える地熱発電所としては、実に 23 年ぶりの新設であった。地熱資源開発には開始から発電所建設まで長い時間（初期調査約 5 年、探査事業約 2 年、環境アセスメント約 4 年、開発事業約 3 年²⁾）を要するが、この期間の迅速化や地熱発電所を核とした地域の発展を含めて今後に多いに期待したい。

4. おわりに

地域分散型のエネルギーシステムは省エネにつながるコージェネレーションにおいて優位性を持つ。加えて、災害時に強いエネルギー源の確保、地域ブランドの確立など地域の課題解決や魅力向上に資すると考えられる（図表 4）。

再生可能エネルギーの固定価格買取制度にも地域分散型のエネルギー重視が反映された。すなわち一般に小規模ほど優遇される買取価格において、水力・地熱・バイオマス発電について最小区分の適用条件として 2022 年度認定分から地域活用要件（電気・熱の災害時における活用を自治体の防災計画等に位置付けるなど）が追加された。

地熱をはじめ、地域ごとの特性を生かしたエネルギー供給システムの構築と、そのシステムを核とした地域分散型コミュニティの発展は、脱炭素化時代において大きな潮流となる可能性を持つと考える。コロナ禍の経験を踏まえた社会機能の都市部への集中リスクに対する人々の問題意識、IT 技術の高度化に伴った働く場所への制約緩和、豊かな自然環境へのニーズはこの潮流を後押しするだろう。脱炭素化によって我慢や苦痛を強いられるのではなく、真に豊かな生活との両立がもたらされると願いたい。

加えて、ロシアのウクライナ侵攻が世界的に原油・天然ガスの供給不安を高めるなか、千葉県のほか新潟県・宮崎県などで生産される水溶性天然ガスや各地での地熱の利用加速はエネルギー安全保障の観点からも重要性を増している。

（財務企画部 高松 千之）

図表 4. 地域分散型エネルギーによる地域社会への利点

(1) 災害時に強いエネルギー源の確保
災害等の非常時において、外部から電力等のエネルギー供給が途絶した場合でも一定のエネルギー源が確保可能であり、地域住民の生活継続計画(LCP)や企業の事業継続計画(BCP)の強化につながる
(2) 魅力ある街づくり、エネルギー供給事業の基幹産業化
分散型エネルギーシステム構築のための再開が魅力ある街づくりに貢献するとともに、エネルギーの生産・供給・マネジメント事業が地域に根付いた基幹産業となり新規雇用を生む可能性
(3) 再生可能エネルギーの有効活用による地域ブランドの確立
バイオマスや温泉熱など地域資源・地域特性を有効活用した発電システムを構築し、地域そのものを対外的にアピールしてインバウンド需要に結びつける。また、近年増加している持続可能な社会への貢献や再生エネルギーへの切り替えを目標に掲げる企業の誘致につながる可能性

（資料）（一社）低炭素投資促進機構「地産地消の分散型エネルギーシステム構築ガイドブック」

¹⁾蒸気発電（蒸気で直接タービンを回す方式、高温・高圧の蒸気が多く噴出される場所で採用される）、バイナリー発電（水より沸点の低い媒体を沸騰させてタービンを回す方式、熱水が多く噴出される場所で採用される）の二つの方式がある

²⁾ 「地熱 geothermal～地域・自然と共生するエネルギー」JOGMECを参照