

21 世紀のエネルギーインフラ整備

～公民連携主導による地域分散型エネルギーインフラ整備が鍵～

主席研究員 黒川 俊夫

はじめに

21 世紀における我が国のエネルギーインフラ整備は 20 世紀に整備された社会基盤（公共インフラ）を有効に活用して地域分散型・地域自立型のエネルギーシステムを作っていくことが重要です。

そのためには、地方自治体と民間企業が同等の立場でそれぞれの役割と責任を分担して地域エネルギーインフラ整備を民間に委ねる収益事業として取組む公民連携手法が有効です。

公民連携は官民協働とも呼ばれ PPP（Public Private Partnership）が語源です。1999 年に日本版 PFI（Private Finance Initiative）として民間資金を活用して公共施設を整備する手法が導入されたがエネルギーインフラ整備への適用は限界的です。

民間が多く汗をかく PFI に代わる手法として官民の両者が共に汗をかいて公共基盤や公益基盤等の社会基盤整備を民間主導の事業、所謂、民営化事業として効率的に推進しようとするものです。

このときの官の大きな役割として期待されることは、これまで官が担ってきた社会基盤整備事業に民間が関与することを規制している様々な法制度改革を積極的に進めてもらう点にあります。

民は、整備資金の革新的な調達と事業経営のノウハウの提供、優秀な人材の投入などを通して、官と民が共にウイン・ウインの関係になる事業スキームを構築することです。

本稿では、PPP 手法を使って 20 世紀に国や地方自治体が造り上げた公共インフラを有効活用して 21 世紀の地域分散型エネルギーインフラを整備する検討事例を我々が関与しているプロジェクトのなかから特徴的な事例を中心に紹介することにします。

1. なぜ地域分散型エネルギーインフラか

戦後 60 年にわたり社会資本（社会インフラ）は国民の税金を投じて整備・維持管理がされてきましたが、今では国や地方自治体の財政が厳しい状況にあり、これまで通り、社会インフラの整備や公共サービスを国

民に提供していくことが困難な状況になっています。

そして、今世紀は 20 世紀に莫大なお金を投資して造り上げられた社会インフラの老朽化により維持コストの増大への対応と更新投資に必要な資金の調達が大きな課題になっています。

電力とガスなどのエネルギー供給事業は公益性の極めて高い社会インフラの一つとして位置づけられ、政府の監督下、総括原価方式で公益企業がエネルギーインフラを整備してきました。

20 世紀の終わりには 21 世紀の電力・ガス事業の構造改革を図るために自由化に向けた政策に転換し、各種の規制緩和により様々な主体がエネルギービジネスに参入する機会が与えられることになり、エネルギー産業が業際を超えて活性化してきています。

これまでのエネルギーインフラ整備は規模の経済性を追及する大規模集中型のエネルギー供給システムが主導してきましたが、省エネ技術や IT 技術の著しい発展に支えられ効率的な小規模分散型のエネルギーシステムを可能にする時代が到来し、新たな地域分散型エネルギーインフラ整備の手法が出てきています。

また、地球環境保全のため CO₂ 等の温室効果ガス削減に資する再生可能（サステナブル）エネルギーである風力、太陽光、バイオマスなどの自然エネルギーは地域に分散して賦存していることから、地域のエネルギー自立（Energy Independence）を目指して自然エネルギー導入のための各種政策の推進により、地方自治体での再生可能エネルギーの積極的活用の機運が高まってきています。

これら小規模分散エネルギーシステムを構築するためには、革新的技術開発とその導入とともに地域に賦存する独自のサステナブル・エネルギーを既存エネルギーインフラに効果的に取り込むことによりシナジーを高め、地域分散型エネルギーインフラを公民連携で造り上げていくことが 21 世紀は求められています。

2. 公民連携による整備の機軸は

21 世紀の地域分散自立型エネルギーインフラを公民連携で造り上げていくために既存の公共インフラとし

て注目される公共施設は、図表1に示すように上下水道施設と一般廃棄物（ごみ）処理施設（ごみ焼却施設）であります。

なかでも下水道施設（下水処理施設）は非常用電源や污泥処理施設を保有しており電気、熱、水のエネルギーインフラを構成する要素を兼ね備える公共施設といえます。また、敷地も将来計画を念頭に余裕のある広さを確保しており地域分散型エネルギーインフラ構築の機軸になる公共施設といえます。

ごみ焼却施設（一般廃棄物処理施設）は電気と熱のエネルギー資源を保有する公共施設であり、これらの資源を有効に活用した事業の取組みが一部では行われていますが、民間の活力を利用することで更に付加価値のあるエネルギー事業の展開が期待できる施設であります。

上下水道施設はエネルギーの多消費場所であることから効率的エネルギー確保のニーズが大きい施設であり、自家内需要と地域への外部供給を目指したエネルギーセンターのポテンシャルを持つ施設です。

このように21世紀の地域分散型エネルギー供給インフラを整備する機軸となるのは、どの自治体でも持っている上下水道施設とごみ処理施設です。これらの施設の持つ資産と資源を有効に活用して地域独自の環境に優しいエネルギーを確保する仕組みを民間の力を借りて創造していくことが重要です。

図表1：公民連携によるエネルギーインフラ整備の基盤

ユーティリティ分類事業		事業主体		公施設のエネルギー等供給ポテンシャル		
		公共	民間	電力	熱	水
エネルギー	電気	△	○			
	ガス	△	○			
	熱供給	△	○			
上下水道	上水道	○		△		
	下水道	○		○	○	○
廃棄物処理	一般廃棄物	○			○	
	産業廃棄物		○			
通信	通信		○			

3. 下水処理場は地域の宝

下水処理場は地域住民の生活排水を綺麗に再生し、地域住民の生活環境を保全するインフラとして重要な役割を担っています。しかしながら、下水処理場は迷惑施設として地域住民にはなかなか受け入れられないことから莫大な資金を投入して周辺地域の環境に配慮して整備されてきました。

下水処理場には生活排水や雨水を再生する水処理と下水污泥を処理する二つの施設があります。前者が主たる目的であることから、最近では、下水処理場は水再生センターとか水質浄化センターとか呼ばれていま

す。後者は污泥の最終処分量を少なくするためコンポスト化や消化、焼却などの減容化設備があります。

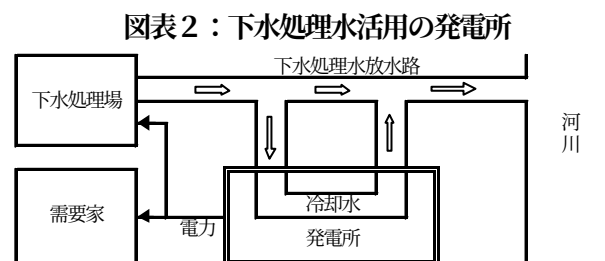
これら処理施設から地域エネルギーインフラに役立つ資源として注目すべきものが、再生水（下水処理水）と消化ガス、焼却廃熱であります。また、広大な敷地の中で未活用の用地や空間も貴重な資産です。

エネルギー源では消化ガスと焼却廃熱があり、その活用事業の検討事例はそれぞれ“Theme 4”と“Theme 6”で紹介しています。消化ガスはバイオマス・エネルギーであることに注目することが必要です。

焼却廃熱のうち高温排熱は蒸気タービン発電用に、低温排熱は潜熱蓄熱剤（PCM：Phase Change Material）または水で回収してオフラインでの熱供給用に活用する事業の可能性があります。下水污泥焼却廃熱は、地域エネルギー供給インフラを考える上では貴重な熱源です。

下水処理場で最も注目すべき資源は豊富な下水処理水です。下水処理水は河川水と異なり水利権が無いことが特徴です。下水処理場の接続人口が20万人規模の場合で下水処理水が一日10万トン程度放流されます。

図表2は、この下水処理水を蒸気タービンの復水用冷却水にワンスルー（Once-through）で利用する天然ガス燃料の高効率コンバインドサイクル発電を内陸に誘致する事業をイメージしたものです。循環式や空冷式よりも数%発電効率を高めることができます。このように河川に放流される前の下水処理水が活用できれば、地域資源を有効に活用した地域分散型エネルギーインフラの整備が可能になります。

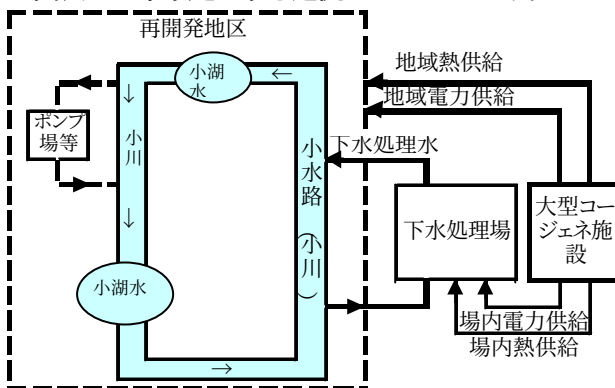


図表3は都市環境改善に下水処理水を再開発地区の小水路や小池の親水空間に還流させることでヒートアイランド現象の緩和と、水と緑の憩いの空間を持つ環境に優しいまちづくりに貢献させ、再開発地区の環境価値の向上に資する仕組みを考えたものです。

再開発地区に隣接する下水処理場を、その再開発地区への電気・熱のエネルギー供給センターとして位置づけています。まちの水辺空間に還流する水は、エネルギー供給センターの廃熱を上手に活用して、夏には少し冷たい水を冬には温かな水を供給するような工夫

をします。

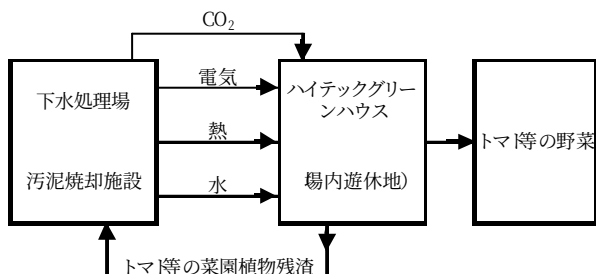
図表3：下水処理水を還流させるまちづくり



図表4は下水処理場の資源を有効活用してトマトなどの野菜を温室栽培する公民連携の野菜生産事業を考えたものです。下水処理場は温室（ハイテックグリーンハウス）に電熱と水（下水処理水）を供給します。また、植物の光合成に必要な炭酸ガス（CO₂）を併せて供給します。

特徴的なことはトマト等の植物残渣であるバイオマス汚泥焼却炉で汚泥と混焼することで石油やガスの化石燃料を削減することです。都市部での植物栽培事業を進めようとした場合、植物残渣の処理が頭の痛い問題です。

図表4：下水処理場の資源有効活用による野菜栽培



4. 清掃工場は地域エネルギー供給拠点に

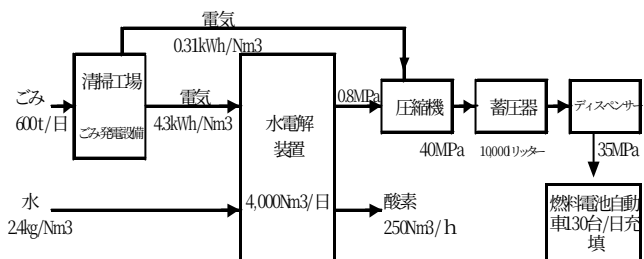
一般廃棄物を処理する清掃工場は、一般にごみ焼却施設を持つことから焼却排熱を回収して発電をするごみ発電設備を持ちます。そして更に廃熱を回収して温水プールや温浴施設に熱を供給しています。まさに現在でもエネルギー供給拠点になっています。

最近ではエネルギー回収を高めて発電効率を高めるために天然ガスを燃料とするガスタービンを導入するスパークごみ発電と呼ばれる技術が普及し自家内消費を大幅に上回る発電を行い、電力を外部供給する清掃工場が多くなっています。

発電規模が大きくなれば回収できない低温廃熱の量が多くなります。省エネとCO₂排出削減の観点からこれらの廃熱を効果的に回収することが大きな課題です。“Theme 4”のところで紹介していますオフライン熱供給システムの開発と普及促進が21世紀の分散型地域エネルギーインフラを造るためには必須です。

ごみ発電は、バイオマス起源のエネルギーとしても重要で、環境に配慮した地域エネルギーとして有効な活用が期待されています。図表5は21世紀のエネルギーとして注目されている水素をごみ発電施設からの電気で水を電解して製造し、その水素を燃料電池自動車に供給する水素供給ステーション事業を清掃工場が主導して進めることをイメージしたものです。

図表5：清掃工場が水素エネルギー供給拠点に

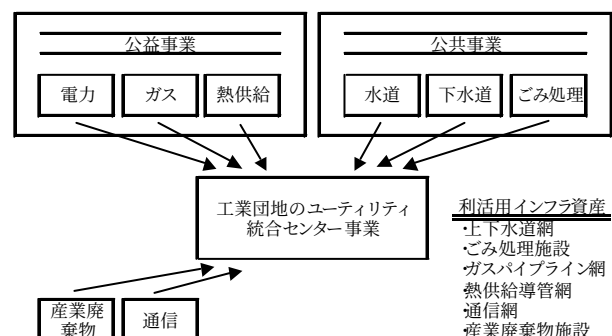


5. 工業団地が地域エネルギー供給拠点に

21世紀の地域分散型エネルギー供給インフラを整備しようとする時に活用が見込める資産に地域が開発した工業団地があります。この工業団地を核にした地域エネルギー供給システムを考えるのも効果的です。

図表6に既存インフラを資産を活用して工業団地に地域エネルギー供給拠点を設けるイメージを示しています。

図表6：工業団地のユーティリティ統合センター



工業団地への誘致企業の競争力を高める仕組みとし

て地方自治体と民間企業が協力して電気・ガス・熱・上水・下水・廃棄物処理などのユーティリティサービスを提供する事業を展開することも新たな地域分散型エネルギーインフラとして注目すべきであります。

このためには、エネルギー公益事業を手がけてきた民間公益企業と下水道事業や清掃事業などを担ってきた国と地方自治体が横の連携を強化して取り組むことが必要です。21世紀のエネルギーインフラ造りは個別インフラを横串にして最適化することが重要です。

6. 地域エネルギーインフラ整備の資金調達

エネルギーインフラを整備するには大きな資金が必要です。先にも述べた通り、21世紀のエネルギーインフラは20世紀に投資された大規模集中型エネルギーインフラと社会インフラをベースに地域特性や地域資源を生かした地域自立型の分散型エネルギーシステムに転換していくことです。

国や地方自治体の財政が厳しい中でこの新しいインフラ整備の資金をどのように調達していくのか大きな課題です。これには民間の活力を最大限引き出すことが必要です。

民間活力を引き出すには民間がエネルギーインフラ事業に投資する動機付け（インセンティブ）が不可欠です。インセンティブはまさに投資リスクに見合う利益（リターン）が見込めるかどうかです。社会インフラ的な投資ですから大きなリターンを期待するというよりは長期間に亘り事業が継続し、安定した収益が担保されるような事業スキーム作りに公が協力することが重要です。このような事業スキームができれば金融はついてきます。

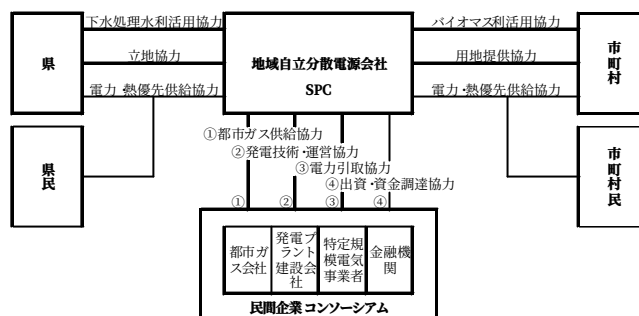
20世紀の電力・ガスなどのエネルギーインフラは地域独占的な公益事業ということで総括原価方式にて需要家にコストを転嫁することで整備されてきました。21世紀は大幅な規制緩和で様々な事業主体が公益事業に参入して競争が激しくなります。

地域分散型エネルギーインフラ整備事業は既存インフラの有効活用によるシナジー効果を期待することから公と民がそれぞれ役割分担をした公民連携で進められるのが効果的と考えています。資金調達は、個別事業ごとに特定目的会社（SPC：Special Purpose Company）を設立し、事業リスクをこのSPCに隔離するプロジェクトファイナンス（ノン・リコースまたはリミテッド・リコースファイナンス）と呼ばれる手法が使われることになります。公と民がそれぞれのリスクを適切に分担し合い、事業からのキャッシュフローを「見える化」することが鍵です。

7. 公民連携の事業スキーム例

公民連携（PPP）による地域エネルギーインフラ整備事業として地域に賦存するバイオマス資源と発電機冷却用エネルギー源としての下水処理水を利活用した地域自立分散発電事業の基本スキームの一例を図表7に示し、紹介します。

図表7: 地域資源を活用した自立分散発電事業スキーム



これは地方自治体（県と市町村）のエネルギー安定供給確保のために自治体が保有する資源や資産を有効に活用して比較的大きな自己電源の確保を目指した高効率の発電所建設を想定したものです。発電設備は天然ガスを主燃料に間伐材等のバイオマスを補助燃料とし、復水用冷却水に下水処理水を用いることで高効率コンバインドサイクル発電の実現を目指します。

県は下水処理水安定供給と長期電力引取保障、発電所立地協力を、市町村はバイオマス燃料供給と発電所用地提供協力、長期電力引取保障を確実に履行することに協力する。そして、民間企業コンソーシアムは発電所の建設と運営、電力と熱の長期供給保障、都市ガス燃料の長期供給、出資及び資金調達、電力の長期引取保障等を確実に履行することに協力することを基本とする事業スキームです。

民間の一番大きな役割は、県と市町村に競争力のある低廉な電力を長期間に亘り安定供給し地域経済の活性化に役立てることです。官の一番の役割は、パートナーとなる民間が競争力のある発電事業を実現するために必要な法制度的制約を最大限取り払うなり軽減するよう協力することにあります。

公民連携による地域エネルギーインフラ整備は様々なレベル（大から小）での取り組みが可能です。前号のBest Value12の特集：地域づくりの「道具」で紹介した「Theme2 地域づくりと資金調達」「Theme3 地域づくり・まちづくりにおけるLLP・LLCへの期待」のところで述べた手法が、規模の小さい地域エネルギー導入に適応できます。