

「下水道施設における非化石電気の活用に関する調査について」

調査研究報告書（令和6年度）

公益財団法人山梨県下水道公社
峡東浄化センター

1 目的

2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、令和5年4月に施行された改正省エネ法（エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律）では、需要家に非化石エネルギーへの転換目標設定や非化石エネルギー使用状況等の定期報告が義務付けられるとともに、非化石電気比率の向上が求められている。

このため、下水道施設の管理運営においても、コスト面での障壁や技術面での制約があることに留意しつつも、非化石エネルギーの導入に向けた対策を強化していく必要がある。

本調査研究では、脱炭素化方策の基礎資料として、非化石電気の類型別の事例や課題等を調査し、峡東流域下水道関連施設を活用モデルとした下水道施設への適性を検討する。

2 流域下水道のエネルギーについて

図1に流域下水道事業全体のエネルギー使用量の推移を示す。

エネルギーと密接に関連する流入下水量は増加傾向であったが、2020年代は人口減少等を受けて伸びが鈍化しており、エネルギー使用量は下水処理における省電力型機器の積極的活用や下水道施設の節電対策により2017年以降は横ばいで推移している。

図2に流域下水道事業全体のエネルギー原単位等の推移を示す。

省エネ法では「エネルギー原単位」と「電気需要平準化評価原単位」について「前年比からの改善（原単位の低減）」と「中長期的にみて年平均1%以上の改善（過去5年度間平均原単位の年平均1%以上の低減）」が求められている。

エネルギー原単位等は低減に向かっているが、年平均1%以上の低減を継続していくためには、運転方法の工夫等のソフト対策では既に限界に達しており、改築・更新にあわせた省電力型機器の積極的導入等のハード対策が不可欠な状況となっている。

図3に流域下水道事業全体の温室効果ガス排出量の推移を示す。

エネルギー起源の温室効果ガス排出量は燃料及び電気の使用に伴う二酸化炭素（CO₂）の排出量、メタン（CH₄）及び一酸化二窒素（N₂O）は各浄化（清流）センターの下水処理に伴う排出量である。

エネルギー起源の二酸化炭素（CO₂）は契約している電気事業者の排出係数の改善により、2014年度以降は低減傾向となっている。

メタン（CH₄）及び一酸化二窒素（N₂O）は地球温暖化係数の改訂の影響を受けるが、基本的には算定の基礎数値となる流入下水量に比例して推移している。

流域下水道事業における温室効果ガス排出量は、エネルギー起源（燃料及び電気の使用）に起因するものが最も大きく、カーボンニュートラルに向けてエネルギー起源の温室効果ガス排出量を削減していくことが最も有効である。



図1 流域下水道事業のエネルギー使用量の推移

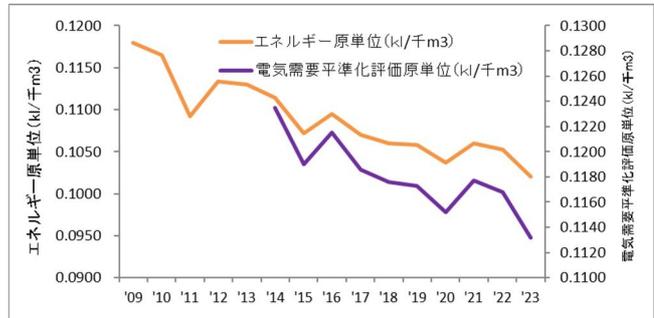


図2 流域下水道事業のエネルギー原単位等の推移

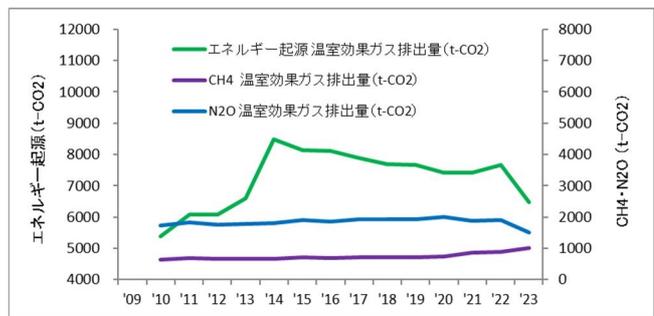


図3 流域下水道事業の温室効果ガス排出量の推移

3 流域下水道事業の非化石電気比率について

図4に令和5年度の流域下水道事業全体のエネルギー構成を示す。全エネルギーの99.6%を電気が占めており、エネルギー起源の温室効果ガス排出量を削減していくためには、温室効果ガスを排出しない再生可能エネルギー由来の非化石電気への転換が不可欠である。

山梨県は非化石エネルギーへの転換目標として、使用電気全体に占める非化石電気比率を2030年に60%とすることを掲げている。

令和5年度における非化石電気比率の算出結果は、流域下水道事業全体、峡東流域下水道ともに30.4%である。

流域下水道事業においては2030年の目標に向けて、+30%の向上を目安に取り組む必要がある。



図4 流域下水道事業のエネルギー構成

4 電気料金制度について

東日本大震災以降、電気料金は上昇傾向にあるが、電気料金高騰の要因として燃料価格の上昇に加え、再エネ賦課金(再生可能エネルギー発電促進賦課金)の上昇がある。

再エネ賦課金は再エネ電気の固定価格買取制度(FIT制度)で買い取られた費用の一部を全ての電気利用者が負担するものである。

再エネ賦課金については、電力多消費事業者の基準を満たす場合、経済産業大臣の認定を受けることにより減免措置が適用される制度がある。



図5 流域下水道事業の再エネ賦課金減免額の推移

図5に流域下水道事業における再エネ賦課金減免額の推移を示す。

下水道公社では、年間100万kWhを超える電気を使用する富士北麓浄化センター、峡東浄化センター、釜無川浄化センター、桂川清流センターの4施設の減免認定を受け、令和6年度末までの累計減免額は約1億7千万円となっている。

5 非化石電気の類型整理について

図6に非化石電気の調達方法を示す。



図6 非化石電気の調達方法

出典：環境省「はじめての再エネ活用ガイド(企業向け)2024年1月」

(1) 敷地内での太陽光発電の導入

敷地内での太陽光発電導入には、「自己所有」と「第三者所有」の2つのパターンがある。

第三者所有の場合、PPA(Power Purchase Agreement: 電力購入契約)、リース、屋根貸しの方法があるが、屋根貸しの場合は賃貸料収入を目的としているため、非化石電気の調達を目的とする場合は、自己所有、PPA、リースの選択肢となる。

自己投資で太陽光発電設備を導入する際には多額の投資費用の準備が必要になるが、PPAは初期投資不要で導入できる上に運転・保守等の維持管理もPPA事業者が行う仕組みであるため、ハードルが低い太陽光発電設備の導入方法として注目されている。

図7に敷地内での太陽光発電の導入手法となるオンサイトPPAの特徴を示す。

オンサイトPPAは、一般送配電事業者の送配電網の利用や小売電気事業者を介在する必要がなく、託送料金や再エネ賦課金(再生可能エネルギー発電促進賦課金)が掛からないため、比較的安価な固定単価で長期に電気を安定調達できることも利点と考えられている。

オンサイトPPA

公共施設の屋根や公有地に事業者(第三者)^{※1}が太陽光発電設備を設置し、自治体は使用量に応じた電気料金を支払って、発電した電力を一般の電力系統を介さず直接使用するもの。電力購入契約を締結することからPPA(Power Purchase Agreement：電力購入契約)と呼ばれる。

メリット：初期費用、メンテナンス費用等は電気代として支払うため、予算措置が不要。また、送電コスト等が不要のためオフサイトPPAに比べて低額になる可能性がある。災害時などの非常時に電源として活用可能。

デメリット：事業者が採算性を確保するため、使用電力量や設置面積に一定の条件が求められる。

※1：施設所有者及び電力需要家とは異なる、太陽光発電事業を行う事業者



図7 オンサイト PPA

出典：環境省「公共施設への再エネ導入第一歩を踏み出す自治体の皆様へ 令和6年3月改訂」

(2) 敷地外での太陽光発電の導入

敷地外での太陽光発電導入は、再エネ電力を調達したい需要場所の敷地外にて太陽光発電を設置し、そこから送電することで電力を調達する手法となる。

細分化すると自営線、自己託送、小売電気事業者介在(PPA)の方式があるが、自営線方式においては自営線の整備負担、自己託送においては発電計画等の手続きの手間を要することから、小売電気事業者を介在したオフサイト PPA が今後の潮流になってくるものと考えられる。

図8に敷地外での太陽光発電の導入手法となるオフサイト PPA の特徴を示す。

オフサイト PPA は、一般送配電事業者の送配電網の利用や小売電気事業者を介在した供給となるため、託送料金や再エネ賦課金が掛かり、オンサイト PPA 方式と比べてコストが割高になる傾向となっている。

オフサイトPPA

公共施設の屋根や公有地に事業者が太陽光発電設備を設置し、発電した電力を一般の電力系統^{※2}などを介して、他の公共施設に送電^{※3}する。自治体は使用量に応じた電気料金を支払い、送電先の施設で電力を使用^{※4}する。

メリット：初期費用、メンテナンス費用等は電気代として支払うため、予算措置が不要。電力消費量の少ない施設や遊休地に太陽光発電設備導入ができる。

デメリット：送電コスト等がかかるためオンサイトPPAと比べると高額になる可能性がある。災害時などの非常時に電源として活用難。

※2：電力を供給するための、発電・変電・送電・配電を統合した電力システムのこと
 ※3：送電方法としては、自営線の敷設、小売電気事業者経由、自己託送等がある
 ※4：送配電事業者、小売電気事業者等に協力を依頼する必要がある



図8 オフサイト PPA

出典：環境省「公共施設への再エネ導入第一歩を踏み出す自治体の皆様へ 令和6年3月改訂」

(3) 再エネ電力メニューの導入

小売電気事業者が提供する「再エネ電力メニュー」に契約を切り替える方法であるため、新たに発電設備を設置することなく、電気需給契約の見直しにより短期間で非化石電気に転換することが可能である。

図9に再エネ電力メニューの概要を示す。

基本的に電気自体の価値に非化石証書を組み合わせ、非化石電気が100%又は非化石電気の比率を高めたメニューとなっており、環境価値の追加により提供されるため、一般的には電気料金単価は標準メニューより割高となる傾向となっている。

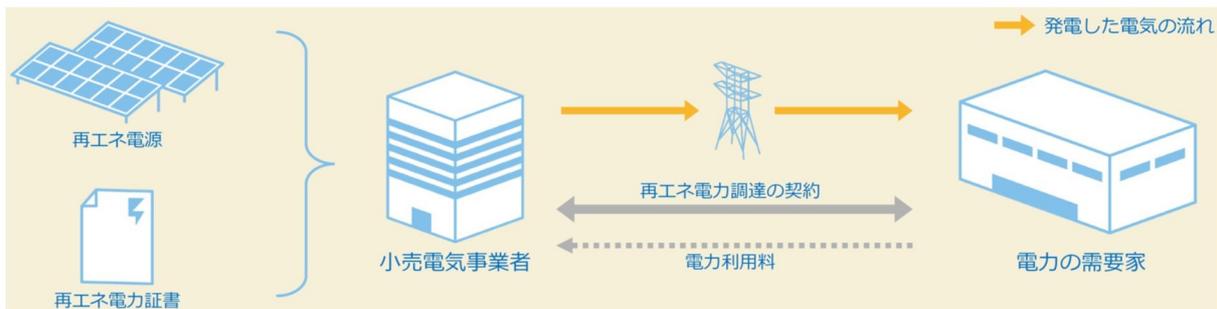


図9 再エネ電力メニュー

出典：環境省「公共施設への再エネ導入第一歩を踏み出す自治体の皆様へ 令和6年3月改訂」

(4) 電力証書の導入

需要家が環境価値を取り出した電力証書を購入して、化石電源で発電された電力を非化石電気に置き換える方法であるため、小売電気事業者の電気需給契約を変更せずに非化石電気に転換することが可能である。

図 10 に電力証書の概要を示す。

電力証書には「非化石証書」、「再エネ電力 J-クレジット」、「グリーン電力証書」がある。

非化石証書には「FIT 非化石証書」、「非 FIT 非化石証書（再エネ指定あり）」、「非 FIT 非化石証書（再エネ指定なし）」があるが、FIT 非化石証書は FIT 電気の太陽光や風力、小水力、バイオマス、地熱等非化石価値を証書化したもので需要家の入手が可能である。

FIT 非化石証書は現在の市場で最も安価であり、次に J-クレジットが続き、グリーン電力証書はやや割高となっている。

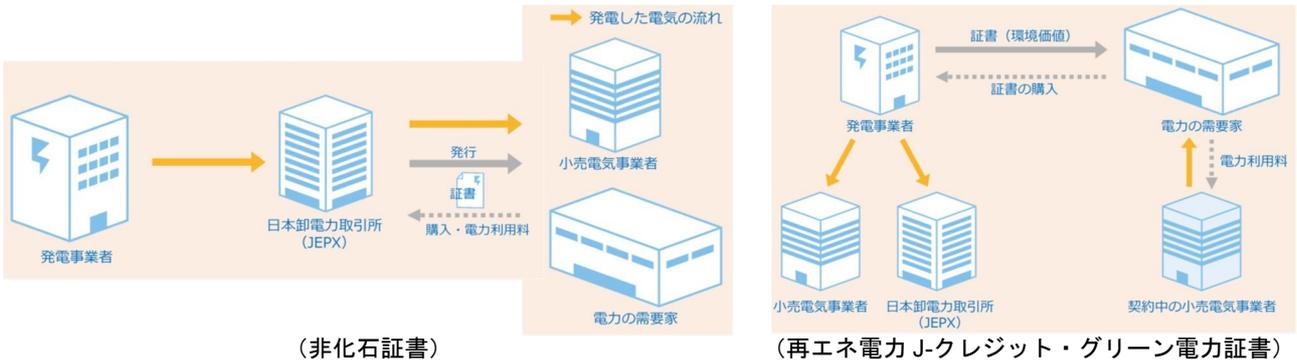


図 10 電力証書

出典：環境省「公共施設への再エネ導入第一歩を踏み出す自治体の皆様へ 令和 6 年 3 月改訂」

6 非化石電気の事例調査について

山梨県は環境省の「令和 5 年度地域脱炭素移行・再エネ推進交付金（重点対策加速化事業）」に採択され、令和 5 年度から令和 9 年度に県有施設においては約 3,900kW の太陽光発電設備の導入が計画されており、令和 5 年度に県有施設 5 施設におけるオンサイト PPA の導入に着手している。

甲斐市は令和 5 年度に環境省の「脱炭素先行地域」に山梨県内で初めて選ばれ、カーボンニュートラルの実現に向けて先進的な取り組みが計画されており、太陽光発電に加え、令和 5 年 11 月より木質バイオマス発電所（甲斐双葉発電所）の商業運転が開始されている。

上野原市は令和 6 年 1 月より上野原市の本庁舎や市内全小中学校を含む計 22 施設に風力由来の再エネ電力メニューを導入している。

上下水道事業では近年、PPA 手法を利用した太陽光発電設備の導入が増えている。

図 11 に上下水道事業での PPA 等導入事例を示す。

山梨県内では北杜市、甲府市で導入が進められている。

上下水道事業の PPA 等の導入状況は 17 団体が稼働開始、15 団体が今後稼働予定となっている。

富士市の導入事例は、PPA 導入に補助金を活用して財政負担を軽減するとともに、太陽光発電と蓄電池を組み合わせることで非常電源を確保して BCP 対策の強化を図る内容としており、持続可能な下水道経営に繋げる官民連携モデルとなっている。

上下水道事業での PPA 等の導入事例 (令和7年3月31日現在、環境省調べ)		
北海道	富良野市 富良野水処理センター 約131kW R4.7稼働開始	中部 富士市 東部浄化センター 約3,011kW R7.10稼働開始予定
	恵庭市 恵庭下水処理センター 約280kW R7.4稼働開始予定	愛知県 矢作川浄化センター 約4,305kW R9年度稼働開始予定
	鹿嶋市 鹿嶋市浄化センター 約300kW R7.3稼働開始	近畿 大阪広域水道企業団 村野浄水場 約495kW R5.8稼働開始
	前橋市※ 清原浄水場 約280kW R7.7稼働開始予定	鳥取県 天神浄化センター 事業者選定済
	さいたま市 3配水場 約213kW R6.6稼働開始	岩手県 下水道1施設、農業1施設 約130kW R7.3稼働開始
	入間市 水道2施設 約546kW R7.3稼働開始予定	岡山市 旭東浄水場 約613kW R6.3稼働開始
	千葉市 南部浄化センター 約1,691kW R8.4稼働開始予定	中国 倉敷市 片島浄水場 約480kW R5.2稼働開始
	我孫子市 湖北台浄水場 約205kW R7.4稼働開始	新潟県 水道1施設、下水道1施設 約800kW R6.4稼働開始
	横浜市 金沢水再生センター 約859kW R7.3稼働開始	広島県 西部水資源再生センター 約5,191kW 事業者選定済み
	都筑水再生センター 約777kW R8.3稼働開始予定	埼玉県 2浄化センター 約886kW R5.3稼働開始 ※リース事業
	川崎市 入江崎水処理センター 約1,800kW R7年度稼働開始予定	四国 高松市 香東浄化センター 約1,072kW R6.2稼働開始
	秦野市 秦野市浄水管理センター 約500kW R7.4稼働開始予定	高知県 高須浄化センター 約1,589kW R8.4稼働予定
	甲府市 水道3施設、下水道1施設 事業者選定済	福岡県 水道2施設、下水道2施設 約645kW R7.4稼働開始
	北杜市 下水道10施設、農業4施設 事業者選定済	水道1施設 約799kW R8.3稼働開始予定
	新潟市 湯船寺浄水場 約645kW R4.3稼働開始	水道2施設、下水道2施設 約383kW R8年度以降稼働開始予定
	水道2施設※ 約820kW R7.4稼働開始予定	九州 芦屋町 芦屋町浄化センター 約52kW R7年度稼働開始予定
	中部下水処理場 約730kW 今後稼働開始予定	熊本市※ 3配水池 約1,867kW R5.4稼働開始
	関川村 水道2施設 約35kW R7.3稼働開始	1配水池 約1,674kW R6.4稼働開始
	中根豊町 鹿島中部クリーンセンター 約200kW R7.4稼働開始予定	枕崎市 枕崎浄水場 約250kW R6.4稼働開始

図 11 上下水道事業の PPA 等導入事例

出典：環境省「上下水道事業における PPA 等事例集」

7 非化石電気の適性検討について

(1) 太陽光発電導入の適性検討

太陽光パネルの設置候補地が最大 25,000m² 程度確保できる峡東流域下水道施設の峡東浄化センターを対象として、オンサイト PPA による太陽光発電設備の導入シミュレーションを A 社により実施した。

図 12 に峡東浄化センターの平面図、図 13 に PPA 導入シミュレーション結果を示す。

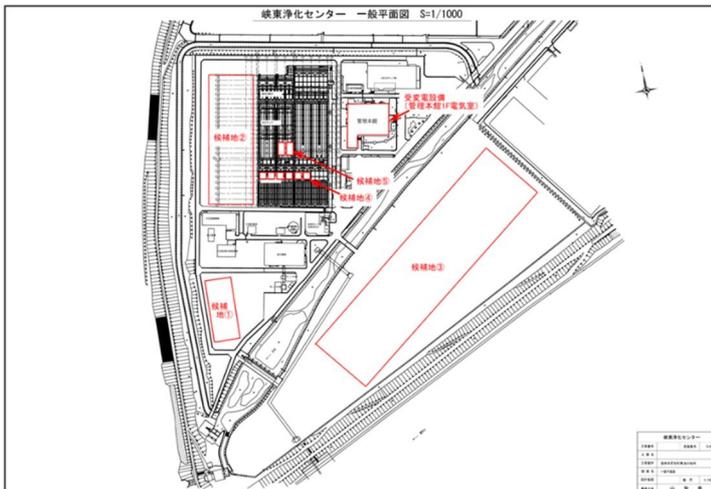


図 12 峡東浄化センター平面図

PPA 契約単価の低減を優先するため、自家消費率 100%を条件とした場合、太陽光パネル容量は 544kW、太陽光パネルの必要設置面積は約 4,000m² と算出された。

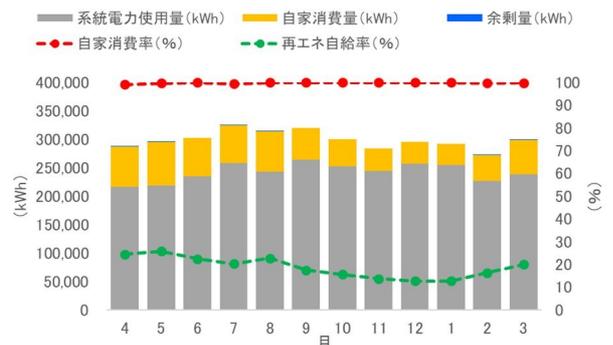


図 13 PPA 導入シミュレーション結果 (峡東浄化センター)

峡東浄化センターの未利用地を活用することでオンサイト PPA への対応が可能と判断される。

導入効果の参考として、太陽光パネル設置費用や高圧系統連系接続費用を標準工事費を用いて、補助金活用なしのケースと補助金を活用したケースを試算したところ、補助金の活用の有無によらず、現在の全量系統電力 (買電契約) に対して PPA 導入時は電気料金のコスト削減効果が得られる結果が示された。

特に補助金を活用したケースにおいて優位性 (峡東浄化センター電気料金の年間約 540 万円=約 6%の削減効果) が認められた。

非化石電気導入とコスト削減が両立できる見込みがあるが、現地踏査による技術的な精査により追加費用が発生し、導入効果に影響を与える可能性がある。

オンサイト PPA 導入時の非化石電気比率は、流域下水道事業全体で 33.8% (+3.4%)、峡東流域下水道では 43.5% (+13.1%) となり、非化石電気比率の向上への寄与が期待できる。

峡東浄化センターにオンサイト PPA を導入する際の懸念事項として浸水想定区域に位置していることが挙げられる。

峡東浄化センターは周囲を平等川や笛吹川に囲まれており、浸水のおそれがある区域に該当している。

山梨県が進めている峡東浄化センターの中期の耐水化対策では対策浸水深 2.5m に基づく耐水シャッター、耐水扉、止水板が設置されており、敷地内に太陽光パネルを設置する場合、浸水を回避する盛土や地盤強度の確保について調整が必要と考えられる。

(2) 再エネ電力メニュー導入の適性検討

峡東浄化センターでオンサイト PPA を導入した場合においても系統電力からの電気供給は必要であり、場外施設の汚水中継ポンプ場、マンホールポンプ、幹線流量計は太陽光パネルの設置面積が乏しく、オンサイト PPA の導入は困難と想定されることから、系統電力の非化石化には小売電気事業者が提供する再エネ電力メニューへの切替も視野に入れる必要がある。

再エネ電力メニューとして、再エネ指定の非 FIT 非化石証書を 100%使用した B 社のプランを調査し、峡東流域下水道の全施設に再エネ電力メニューを適用したケースを想定して試算したところ、環境価値分のコストとして約 1,260 万円=約 14%増額となる結果となった。

内訳は峡東浄化センターの増加分が約 1,080 万円、その他の施設が約 180 万円となっている。

再エネ電力メニュー導入は電力使用量が大きい施設の経済的負担が大きくなるものと考えられる。

再エネ電力メニューには明確に環境価値の上乗せを行わない形態もあり、基本料金や電力量料金等の料金体系も様々であるため、具体的導入の判断には各社のメニューの精査が必要である。

(2) 電力証書導入の適性検討

非化石証書（FIT 非化石証書）、J-クレジット、グリーン電力証書のうち、現状で調達コストが安価な電力証書は FIT 非化石証書である。

調達代行業者を介した FIT 非化石証書の調達を想定して C 社の調達内容を調査し、峡東流域下水道の全施設に FIT 非化石証書を適用したケースを想定して試算したところ、環境価値分のコストとして約 173 万円、約 2%のコスト増となる結果となった。

系統電力の電力使用量分に相当する FIT 非化石証書を購入して非化石電気に置き換える方法であるため、電力使用量に比例したコストが掛かるが、現状は調達コストが低廉で推移しており、再エネ電力メニューへの切替と比較すると FIT 非化石証書の調達による非化石化は経済的負担が小さく、非化石電気比率を段階的・計画的に向上する用途として有効と考えられる。

8 まとめ

脱炭素対策は、「へらす」＝省エネ運転や省エネ機器導入、「つくる」＝再エネ発電導入、「おきかえる」＝環境価値活用の順番で進めることが理想であり、これらは省エネ法が要求するエネルギーの削減や非化石電気比率の向上に着実に取り組むことに通じる。

図 14 に脱炭素対策の考え方を示す。

可能な限りのエネルギー削減を実現しながら、脱炭素対策の最初のステップとして下水道施設のポテンシャルを生かし、追加性の高い太陽光発電設備の導入を優先的に検討していくことが望まれる。

太陽光発電設備の導入には初期投資不要な第三者所有モデルであるオンサイト PPA が適しており、加えて補助金活用による自家消費率 100%を可能とする太陽光発電設備の導入を目指すことにより、PPA 単価の低減が図れ、現状の電気料金と比較して安価又は同等の価格水準で長期間に安定した非化石電気を調達すること可能と考えられる。

一方、太陽光発電設備を導入しても系統電力の電気の調達は不可欠であるため、脱炭素対策の次のステップとして系統電力を非化石電気へ転換していくことが求められる。

間接的にはなるが、再エネ電力メニューへの切替や非化石証書（FIT 非化石証書）の調達により、非化石電気の使用割合を計画的に向上させることが可能であるため、非化石電気比率の目標達成に向けて補助的に組み合わせ活用していくことが望まれる。

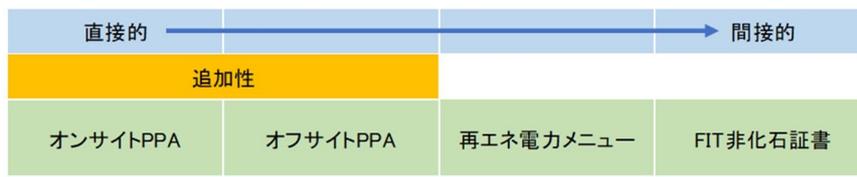


図 14 脱炭素対策の考え方

近年急速に拡大する AI の普及やデジタル化の進展などを受けたデータセンターや半導体工場の新設により、国内の電力需要が増加していくものと予測されている。

2050 年のカーボンニュートラルとあいまって、電力の安定供給のためには再エネ発電の供給力を抜本的に強化していく必要があり、軽量・柔軟で建物の壁面や耐荷重性の低い屋根への設置も可能な次世代型太陽光電池であるペロブスカイト太陽電池の開発も進められている。

太陽光発電設備等の再エネ発電の増加に伴う新たな課題として、出力制御を回避するための蓄電池設置の拡大やディマンド・レスポンスによる需要電力調整の重要性が高まっている。

下水道事業においては未利用地を活用した太陽光発電の導入に加え、下水汚泥が有するポテンシャルを生かしたバイオガス発電やリン・窒素の資源利用等の可能性があり、下水道を拠点とした新たな社会・産業モデルの創出によって、脱炭素・循環型への転換を誘導する役割も期待されている。

現在、脱炭素経営は企業の競争力を高める重要な要素となり、環境対応が進んでいる企業は投資家や消費者からの評価が高まり、市場での競争優位性の確立や人材獲得力の向上が可能とされている。

こうした脱炭素経営を進めるには、エネルギー関連のビジネスの最新動向を把握するとともに、年々変化する電力システム改革や政策・法制度等への理解を深めることが不可欠である。

自治体の脱炭素経営は財政的及び技術的な制約があり、民間企業のように競争して先頭を走るような情勢ではないが、追いかける意識が必要と考えられる。

専門用語解説（五十音順・アルファベット順）

用 語	解 説
いっばんそうはいでんじぎょうしゃ 一般送配電事業者	電気を需要家に届ける送電線・配電線などの送配電網を管理する事業者。
エネルギー ^{げんたんい} 原単位	エネルギー効率を示す指標。
グリーン ^{でんりもなうしょ} 電力証書	再生可能エネルギーで発電された電気的环境価値（二酸化炭素排出量ゼロ）を取引できるよう証書化したもの。
こうあづいとまつぞく 高圧系統接続	既存の高圧受電設備系統への電力ケーブルの接続。
こうりでんきぎょうしゃ 小売電気事業者	電気を需要家に販売する事業者。
こていかかくかいとりせいで 固定価格買取制度	再生可能エネルギーで発電した電気を電力会社が一定価格で一定期間買い取れることを国が約束する制度。
さい ^{でんりよく} 再エネ電力メニュー	二酸化炭素排出量ゼロの環境価値の付いた電力の料金メニュー。
さい ^{ふかきん} 再エネ賦課金	再生可能エネルギーで発電された電気の買い取りに要した費用の一部を電気利用者が負担するもの。
じえいせん 自営線	事業者が自ら敷設した送電線を利用して電力供給を行う仕組み。
じこ ^{たくそう} 自己託送	一般送配電事業者の送電網を利用して電力供給を行う仕組み。
たくそうりようきん 託送料金	電気を送る際に利用する送電線・配電線の利用料金。
ちきゅうおんだんがいのすう 地球温暖化係数	各温室効果ガスの排出量を二酸化炭素換算の排出量に算定するための係数。
デマンドレスポンス	需要家が電力会社からの依頼に応じて電力使用量の調整を行い電力需給のバランスを取る仕組み。
でんきじゆおひいじゆなうか 電気需要平準化評価 ^{げんたんい} 原単位	電力需要がピークとなる時間帯の電力使用効率を示す指標。
でんりよし ^{うひじぎょうしゃ} 電力多消費事業者	売上高当たりの電気使用量が業種で定められた水準を超えている事業者。
バイオガス	下水汚泥等の有機物のメタン発酵によって発生する可燃性ガス
ひかせき ^{しやうしょ} 非化石証書	非化石電気的环境価値（二酸化炭素排出量ゼロ）を取引できるよう証書化したもの。
ひかせき ^{でんき} 非化石電気	化石燃料（石油、石炭、液化天然ガス等）を使わずに発電された電気。再生可能エネルギー（太陽光、風力、水力等）で発電された電気を示す。
もくしつ 木質バイオマス	松くい虫被害木・間伐材・林地残材・せん定枝等の木材からなる有機物の資源。
BCP	BCP（Business Continuity Plan）。企業が災害等の緊急事態に備えた事業継続や早期復旧を図るための計画。
J-クレジット	温室効果ガスの排出削減量や吸収量を国が認証する制度。