

# 地域エネルギーインフラと建物の需給連携による地域全体のGX化

株式会社日本設計 笹嶋 賢一、竹部 友久  
星野 聡基、木下 雅広  
平石 拓也

株式会社えきまちエナジークリエイト 竹内 文郎、東 岳志

## 1. はじめに

地域エネルギーインフラとしての地域冷暖房は、高効率化を積極的に行い、省エネルギー・省CO<sub>2</sub>に積極的に寄与してきた。近年では、ICT やスマートエネルギーネットワークの活用による、需要側と供給側が連携した計画・運用、再生可能エネルギーや未利用エネルギーの活用により、更なる省CO<sub>2</sub>を目指したまちづくりの事例が報告されている。2020年には、2050年までにカーボンニュートラルを目指すことを政府が宣言するなど、供給エリアの熱需要の抑制、熱供給システムの高効率化、調達するエネルギー源のカーボンニュートラル化などが強く求められている。

本報告では、TAKANAWA GATEWAY CITYにおける地域エネルギーインフラとして導入された地域冷暖房施設について、一般的な地域エネルギーインフラと異なる特徴的な取組みとして、高いエネルギー効率を実現するための需給連携システム、サブプラントの構築による再生可能エネルギーの活用などGX化に資する取組みと、省エネルギー効果について報告する。

## 2. 地域冷暖房施設の概要

### 2.1 熱供給区域の概要

当該エリアは、東京都の地域におけるエネルギー有効利用に関する制度において「高輪ゲートウェイ駅地域冷暖房区域」と称している。図-1に示す供給区域は、JR品川車両基地跡地を開発したTAKANAWA GATEWAY CITYに所在する住宅棟(TAKANAWA GATEWAY CITY RESIDENCE)・文化創造棟(仮称)・複合棟I (THE LINKPILLAR 1)及びII (THE LINKPILLAR 2)と泉岳寺再開発と泉岳寺駅であり、区域面積約10万㎡、供給延床面積は約97万㎡となる。また再開発用地の特性上供給区域が南北に細長いことが特徴である。表-1に需要家建物概要を、図-2に用途面積構成を示す。

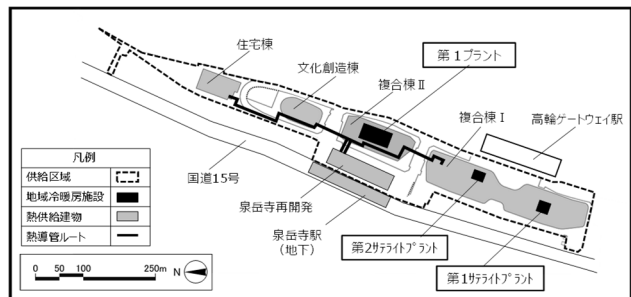


図-1 地域冷暖房供給区域

表-1 需要家建物概要

エリア・建物名称	主用途	延床面積(千㎡)	
TAKANAWA GATEWAY CITY	住宅棟	住宅、教育施設	148
	文化創造棟	文化施設	29
	複合棟II	業務、商業	207
	複合棟I	業務、商業、ホテル、コンベンション施設	460
泉岳寺再開発	業務、商業、住宅(熱供給なし)	111	
泉岳寺駅	駅	18	
合計		973	

### 2.2 熱供給システムの概要

熱供給システムの配置計画を図-3に示す。熱供給プラントは、区域の中心に位置し搬送動力が小さく効率的な熱供給が可能となる複合棟IIに計画し、第1プラントとした。但し、高温熱媒が必要となる複合棟Iのホテル給湯やバイオガス設備のメタン発酵槽加温用温水は、搬送時の熱ロス等を考慮し需要近くにサテライトプラントとして計画した。

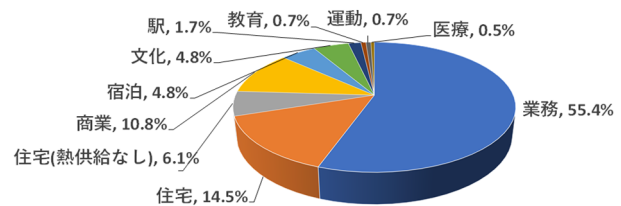


図-2 供給区域の用途面積構成

図-4 に第 1 プラントの熱源システムフローを示す。熱源は、電気系熱源とガス系熱源を組み合わせたミックス方式とし、GX 化のための様々な取組みを行っている。熱を供給する導管および熱発生所施設となるプラントからなる地域冷暖房施設は、都市施設であり 2020 年 11 月に都市計画決定、2022 年 2 月に敷地内の築堤出土の影響で建築計画の一部見直しに伴い都市計画決定の変更が行われている。

### 3. 当地域における GX に向けた特徴的な取組み

GX に向けたまちの熱供給に係わるカーボンニュートラルの取組みは、調達する電気や都市ガス等のエネルギー源の脱炭素化が必要であるが、当地域においても調達エネルギー源の脱炭素化を行うことで街全体でのカーボンニュートラル化を目指す計画である。また同時に、供給するエネルギー量を出来るだけ減らすための建物側での取組みも重要となる。図-5 に示すように、建物の熱負荷の抑制と熱供給システムの高効率化、調達するエネルギー源のカーボンニュートラル化が掛け合わされて、全体の効果となる。建物の熱負荷の抑制は、高性能な建物外皮の採用や全熱交換器の採用や CO<sub>2</sub> 濃度制御による外気負荷抑制などにより実現しながら、需給連携も可能である。特徴的な取組みを以下に紹介する。

#### 3.1 送水温度の緩和による効率化

計画段階で熱供給側と建物側とが協議を行い、国内の地域冷暖房施設では最も温度の高い 8.0℃の冷水供給、最も温度が低い 41.0℃の温水供給としている。また夏期は、15.0℃の中温冷水供給を行い、冷凍機やヒートポンプの運転効率を向上している。また、中温冷水は基本的な供給温度を 15.0℃とするが、状況に応じて供給温度を可変させ、プラントのシステム効率を最大となるように運用を図る。送水温度緩和のイメージを図-6 に示す。

この取組みでは、熱媒が冷水と中温冷水、温水の 3 種となり往復で年間供給の場合 6 管式が必要となるが、温水と中温冷水の配管を共用化し、冬期は温水、中間期と夏期は中温冷水として季節切替供給とし、一般的な 4 管式の計画で実現することで、地域導管スペースの縮小と、コスト上昇を回避している。

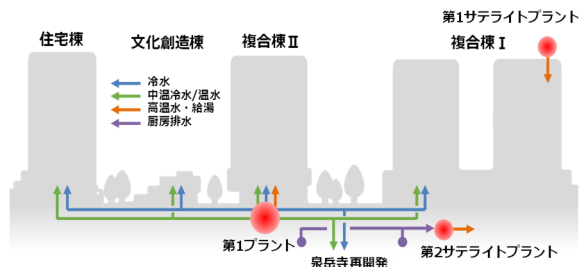


図-3 施設配置計画

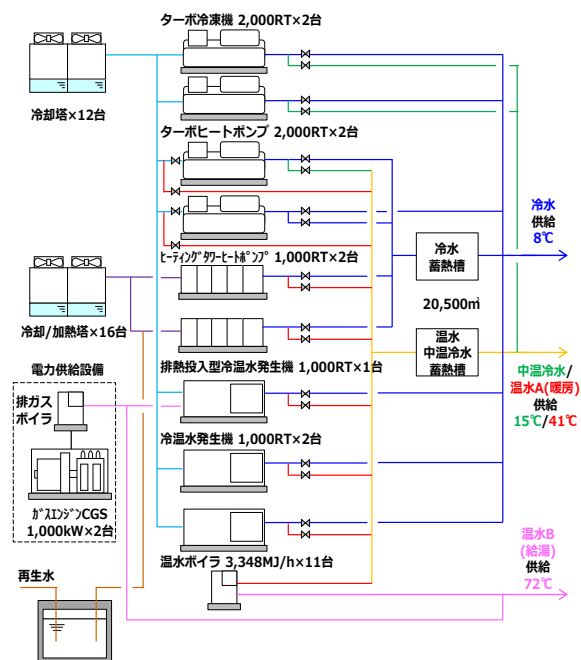


図-4 熱源システム構成 (第 1 プラント)

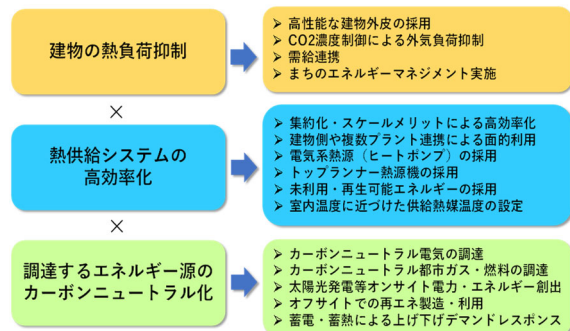


図-5 熱供給におけるカーボンニュートラル化イメージ

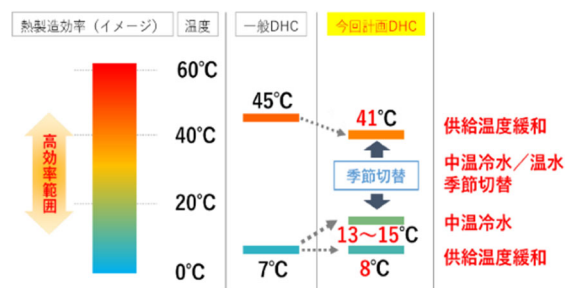


図-6 熱媒送水温度緩和イメージ

### 3.2 国内最大級の水蓄熱槽の導入

従来の一般的な蓄熱槽では、蓄熱用電力として夜間に供給された電力により熱製造を行い、ピークとなる昼間に貯めた熱を供給する事により、熱源機容量及びランニングコスト低減等を主な目的として計画されてきたが、現在では、蓄熱用電力の料金設定がなくなり、夜間と昼間の電力料金の差がなくなっていること、系統電力における再生可能エネルギーの発電電力が増加している現在の状況をふまえ、蓄熱槽は、蓄電地と共に、系統電力の不確実性に対応する、上げ下げのデマンドレスポンスに対応する運用も期待されている。

当地域では、地域冷暖房として国内最大となる温度成層型水蓄熱槽(20,500m<sup>3</sup>)を導入し、熱源容量の低減を実現する他、デマンドレスポンスや需給連携を可能にすると共に、再生可能エネルギーや、建物排熱回収で熱製造する場合の熱需要と時間帯が一致しないという課題に対し蓄熱槽をバッファードすることで高効率運転を可能としている。また、ヒーティングタワーヒートポンプの暖房運転は、夜間ではなく外気温が高く機器単体 COP(運転効率) が向上する日中に運転するなど、GX 化を指向した取り組みを行っている。

### 3.3 地域冷暖房による再生可能エネルギー活用

給湯需要のあるホテル近傍の屋上にサテライトプラントを計画し、再生可能エネルギーである太陽熱パネル 100kW を設置することが可能となった。曇天時でも高温集熱が可能な真空ガラス管型(ヒートパイプ型)集熱器とした。また、太陽熱利用と共に空気熱源給湯ヒートポンプを導入し、カスケード利用給湯システムを構築し、一般的なガスボイラに優先して昇温することで更なる省エネルギー化を図っている。

### 3.4 食品廃棄物によるオンサイトバイオガス処理設備

本開発の商業施設や宿泊施設から排出される食品廃棄物である生ごみを街区内で処理することで、清掃工場における廃棄物処理負荷や収集運搬の交通負荷を減らすと共に、処理過程の副産物としてのバイオガスを利用して熱供給を行う計画とした(図-7)。複数街区における食品廃棄物(生ごみ)を、建物内で処理するバイオガス設備の導入は日本初の試みとなる。当該設備の生ごみ処理量は 4.3t/日とし、メタン発酵処理方式は中温(35℃)による湿式発酵とした。バイオガス利用設備は、発生するバイオガスの発熱量変動への追従性や NO<sub>x</sub> 規制の対応性を考慮して、バイオガス専焼ボイラを採用し第 1 サテライトプラント近傍に設置してホテルの給湯需要に供給している。

### 3.5 建物排熱活用による熱回収温水供給システム

熱供給システムの温水供給は、冷水供給に比べて、熱製造効率が低く、地域冷暖房の供給熱量の温水供給割合が増えると、熱供給全体のシステム COP(機器

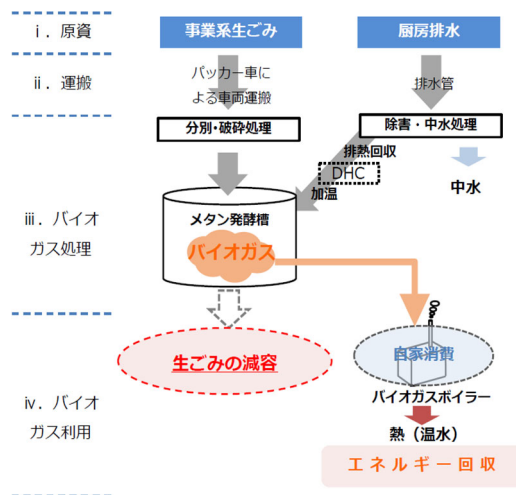


図-7 バイオガス設備概念図

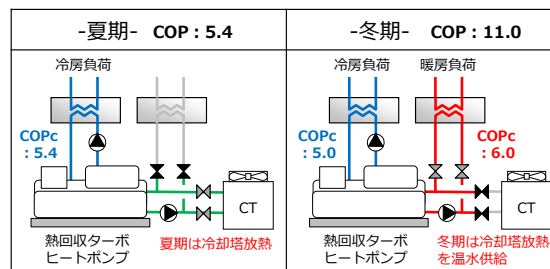


図-8 熱回収ターボヒートポンプ運用イメージ

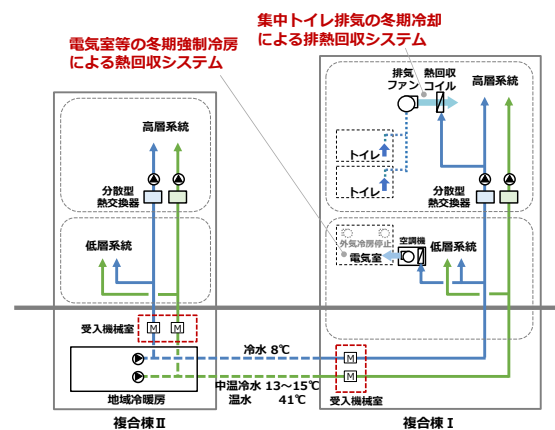


図-9 建物排熱活用概念図

単体及び補機を含めた COP) が低下する傾向が顕著となる。温水供給をいかに効率よく運用するかが大変重要である。温水供給を高効率で行うための熱源機としては、図-8 に示す通り、冬期の冷却塔放熱を温水として利用することで熱源機器単体 COP11.0 以上の高効率運転が可能となる熱回収ターボヒートポンプがある。本エリアでは、冬期に熱回収ターボヒートポンプの温水製造量を増やすために、まち全体で通常は換気で放熱されている排熱(建物排熱)をあえて冷水により冷却(冷却可能な建物排気からの熱回収)することで、温水を高効率に製造することが可能となる。熱の回収箇所としては、電気室の発熱、トイレ集中排気の発熱、ガスエンジン CGS インタークーラー排熱、ガスエンジン CGS 室の発熱を対象としている。建物からの排熱活用のイメージを図-9 に示す。

建物排気からの熱回収については、温熱需要と冷熱需要を予測し、排熱回収することが省エネルギーに資することを確認した場合は、建物側に排熱回収モード指令を地域冷暖房から発令することとしている。

### 3.6 ネットワーク構築によるエネルギーマネジメント

街区全体を統括するエリアエネルギーマネジメントシステム、建物毎のビルエネルギーマネジメントシステム、地域冷暖房施設のエネルギーマネジメントシステム、これらを図-10 に示すエリアネットワークに接続し、相互に情報連携を行うことで街区全体の省エネルギー性向上を図っている。

地域冷暖房施設のエネルギーマネジメントシステムには、AI を活用した負荷予測最適運転システムを導入し、気象情報と過去のエネルギー消費実績などのデータから翌日の電力負荷および熱負荷の予測を行い、需要を賄うことが可能なエネルギー供給設備の運転パターンの組合せから最適な運転計画の自動計算を行う機能を導入している。

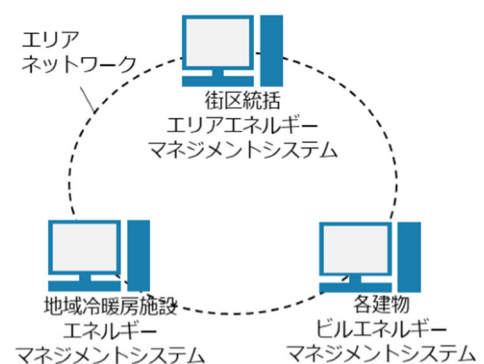


図-10 街区間情報連携イメージ

### 3.7 DCP(地域のBCP)

新たなまちづくりとして、エネルギー供給事業者と開発事業者が連携し、電気・熱・水等のDCP(District Continuity Plan)の形成を図っている。エネルギー供給事業者としても、一時滞在施設や業務継続に必要なエネルギーの確保が求められ、供給する熱については、災害時の必要な空調負荷条件の確認を行い、電気・ガス・水のインフラ途絶状態別に冷温熱の供給可能量を整理しDCPにおける供給可能量を定めている。全インフラ途絶時においては、通常時の30%冷水を72時間供給継続する計画としている。

地域インフラについての強靱化も行われている。電力については、複数変電所から多回線引き込みとし信頼性を向上させ、デュアルフェューエル発電機、中圧ガスによるガスエンジンコージェネレーションを設置し電源の多重化を図っている。都市ガスについては、耐震性の高い中圧供給とすることで高い信頼性を確保している。

地域の水の確保について、蓄熱槽の水をインフラ遮断時に雑用水として供給する仕組みを構築し、一時滞在施設のトイレ用水等の利用、周辺街区火災時の消防用水としての利用も可能である。

## 4. それぞれのGX(省エネルギー)効果

需給連携による地域全体のGX効果として、送水温度緩和、建物排熱活用(電気室)、サテライトプラント、バイオガスボイラの省エネ効果を試算した。なお、CO<sub>2</sub>排出削減量は調達するエネルギー源の排出係数により変動するため今回は計算しない。以下に省エネルギーに資する対策毎の算定条件及び一次エネルギー削減量及び地域冷暖房プラントのシステムCOPについて示す。



#### 4.1 送水温度緩和

従来の標準的な地域冷暖房の送水温度(冷水 7℃、中温冷水なし、温水 45℃)に対して、送水温度緩和(冷水 8℃、中温冷水 15℃、温水 41℃)による熱源機器単体 COP の改善効果を試算した。効率改善効果は、電動系熱源を対象とし、ガス系熱源である吸収冷温水機やガスボイラについては送水温度による効率の変化はないものとした。1次エネルギー削減量は 16,260GJ/年と想定される。

#### 4.2 建物排熱活用(電気室)

各街区の電気室の盤からの発熱量を、給排気ファンによる発熱処理から、空調機での発熱処理に切り替えることでの従来のボイラから熱回収ターボヒートポンプに温熱製造が切り替わることによる効率向上に伴う削減効果を試算した。熱源機の効率差だけでなく、建物側ファン動力、2次ポンプ動力、熱供給設備1次側ポンプ動力が大きくなることも考慮した。まち全体の1次エネルギー削減量は、2,614GJ/年と想定される。

#### 4.3 サテライトプラント化・再生可能エネルギーの導入

サテライトプラントにおける省エネルギー効果として、搬送熱ロス低減、太陽熱設置、給湯ヒートポンプ設置の3点が挙げられる。

搬送熱ロス低減としては、メインプラントから給湯を集中供給した場合の地域配管からの放熱による熱ロスを想定する。太陽熱設置による効果としては、太陽熱パネルの方位・傾斜角、日射量平均値、給湯負荷より年間太陽熱製造熱量を算定し、温水ボイラの稼働量が減じるものと想定する。給湯ヒートポンプについては、温水ボイラよりも効率が向上する分の差で想定する。それぞれの効果の合計1次エネルギー削減量は、4,654GJ/年と想定される。

#### 4.4 バイオガスの製造・利用

当該区内で発生する生ゴミ量及びその成分から、発生するバイオガス量を予測した。発生したバイオガスによってバイオガスボイラを稼働させ、製造した温水量から、都市ガスを利用する温水ボイラの稼働量が減じるものとして試算を行う。バイオガスの一次エネルギー換算係数を0とすると、1次エネルギー削減量は、5,254GJ/年と想定される。

#### 4.5 地域冷暖房プラントでの一次エネルギー削減量、COP 改善効果

需給連携に係わる当地区の特徴的な取組みによる効果を図-11に示す。4.1~4.4の試算値を合計し1次エネルギー削減量として28,783GJ/年と想定された。これは、需給連携前の地域冷暖房プラントの1次エネルギー消費量319,202GJ/年に対し9.0%削減に相当する。また、地域冷暖房プラントのシステム全体の効率を評価するシステムCOP(販売熱量/プラント全体の1次エネルギー消費量)においては、1.01から1.11に0.10向上する効果が確認された。

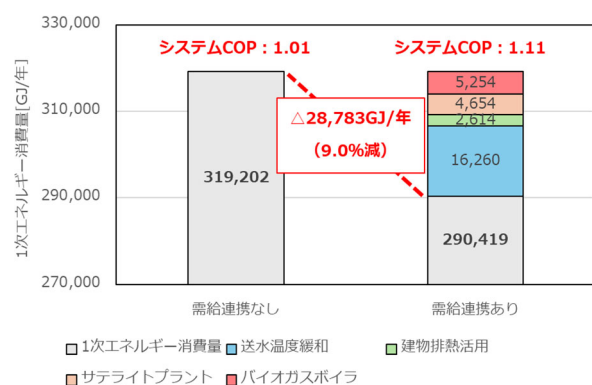


図-11 需給連携による省エネルギー・COP改善効果

### 5. まとめ

本報告では、TAKANAWA GATEWAY CITYにおけるエネルギー供給施設と建物の需給連携によるGXを目指したプロジェクトについて、一般的な地域エネルギーインフラと異なる特徴的な取組みを紹介すると共にGXに関する効果について整理・考察した。本プロジェクトは現在施工中である。今後、各種の取組みに関して、竣工後のコミッションングを予定しており、GXにむけた都市づくりに寄与していく所存である。

#### 【備考】

本報にて概要を示した TAKANAWA GATEWAY CITY および地域冷暖房施設は、品川開発プロジェクト(第Ⅰ期)設計共同企業体(構成員:JR 東日本建築設計、JR 東日本コンサルタンツ、日本設計、日建設計)により設計・監理を行い建設中である。

#### 【参考文献】

- 1) 横濱明, 大塚貴志, 天内義也 他:需給連携エネルギーマネジメントによる脱炭素を目指したまちづくりの実現, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文(神戸), G-35-36,p.145-152, 2022.09
- 2) 笹嶋賢一, 星野聡基, 平石拓也 他:需給連携エネルギーマネジメントによる脱炭素を目指したまちづくりの実現, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文(福井), C-42-44,p.213-224, 2023.09  
空気調和・衛生工学会大会学術講演論文(佐賀), K-31-32, 2024.09