

第31回

地域型 Cooling as a Service (CaaS) モデルの可能性

～地域冷房とグリーンインフラが融合するサステナブル・シティ～



内田 力

株式会社三井住友トラスト基礎研究所
PPP・インフラ投資調査部
主任研究員

はじめに

本連載第30回「グリーンインフラによる都市の暑熱対策とその資金調達手法」(87号所収、以下「前作」)では、グリーンインフラの導入に適した資金調達手法を紹介した。本作は視点を民間事業者の側に移して、グリーンインフラと相性の良いビジネスモデルについて検討する。

グリーンインフラは、都市のヒートアイランド現象緩和や生態系保全に寄与する一方で、効果が天候や立地に左右されやすく、不安定である。それゆえ長期的な観点でないとその効果がわかりにくいという構造的な弱点を持つ。このため、短期的な収益性も求められる民間セクターでは、投資インセンティブが働きにくいのが実情である。こうした課題に対応するため、近年では、設備を所有しないユーザーに対して必要な機能のみを「サービス」として提供するビジネスモデルが注目されている。冷房設備を例に取れば、冷房サー

ビスを提供する事業者が、ビルオーナーやテナン

トの代わりに設備を設置・運用し、利用者は実際に得られる冷却効果に応じて料金を支払う形である。

本作では、都市の暑熱対策・冷却需要に注目しつつ、「Cooling as a Service (CaaS)」と呼ばれる冷房サービスの提供モデルを紹介する。さらに、これをグリーンインフラと組み合わせた「地域型CaaS」モデルを提案し、冷房需要と都市環境の向上を同時に実現する可能性を探る。

本作で提案するモデルは、比較的大規模な都市開発を前提とするため、日本国内ですぐに展開できるとは限らない。しかし、冷房需要の高い新興国市場で先行導入され、その成果が「サステナブル・シティ」として日本に逆輸入される可能性もある。こうした見通しのもと、都市の冷却需要を出発点に、エネルギー効率と都市環境の両立を目指すインフラビジネスモデルの将来像を考えてみたい。

グリーンインフラと親和的なビジネスモデル

グリーンインフラの導入は、都市の暑熱緩和、景観向上、生物多様性の保全といった多面的な便益をもたらすが、その効果は必ずしも安定していない。例えば街路樹やグリーンルーフによる気温低減効果は、植生の種類や立地、天候・季節などによって大きく左右される。こうした効果の不確実性は、導入を躊躇させる要因の一つである。事業として展開するには、外部要因に左右されず、一定のサービス水準を提供し続ける設計が求められる。

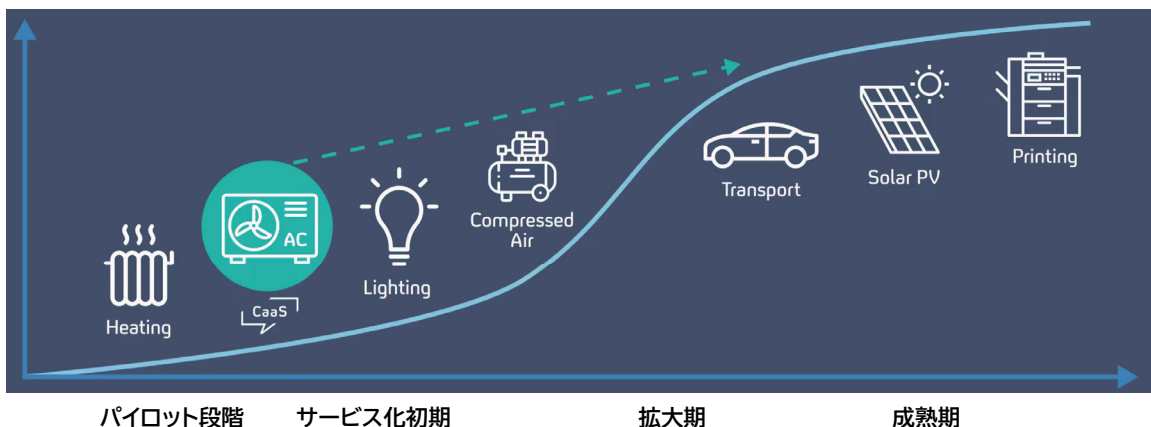
この課題に対して、国際的に解決策の一つとして注目されてきたのが「サービス化 (servitization)」という考え方である^{注1}。日本では「サブスクリプション (サブスク) 型」や「アズ・ア・サービス」という言い回しのほうが一般的かもしれない。これは、設備を販売するのでは

なく、設備が生み出すサービス (冷却、照明、快適性など) を販売の対象とするビジネスモデルであり、コピー機 (印刷機能の提供) や再生可能エネルギーの発電設備 (発電した電力の提供) などの分野ですでに広く普及している (図表1)。

このモデル最大の特徴は、ユーザー側が初期投資を行わずに済み、事業者側が設備導入から運用・保守・最適化までを一貫して担う点にある。グリーンインフラとの親和性が高いとされる理由は、「サービス水準の維持」を事業者の責任とする点にある。「施設内の室温を 26℃ 以下に維持する」といった成果ベースの契約が成立すれば、街路樹や緑地を冷房負荷の軽減手段として組み込むインセンティブが事業者に生まれる。IoTやAIを用いた冷房の需要予測や負荷分散の最適化と同様に、グリーンインフラ導入を含めた周辺環境整備も事業の一環として組み込まれることが期待される。

図表 1 各分野でのサービス化の進展

市場への浸透



出所) 世界経済フォーラム、「What is servitization, and how can it help save the planet?」2020年11月20日に掲載された
Basel Agency for Sustainable Energy 作成の図 (三井住友トラスト基礎研究所が一部を日本語訳)

注 1

世界経済フォーラム、「What is servitization, and how can it help save the planet?」2020年11月20日

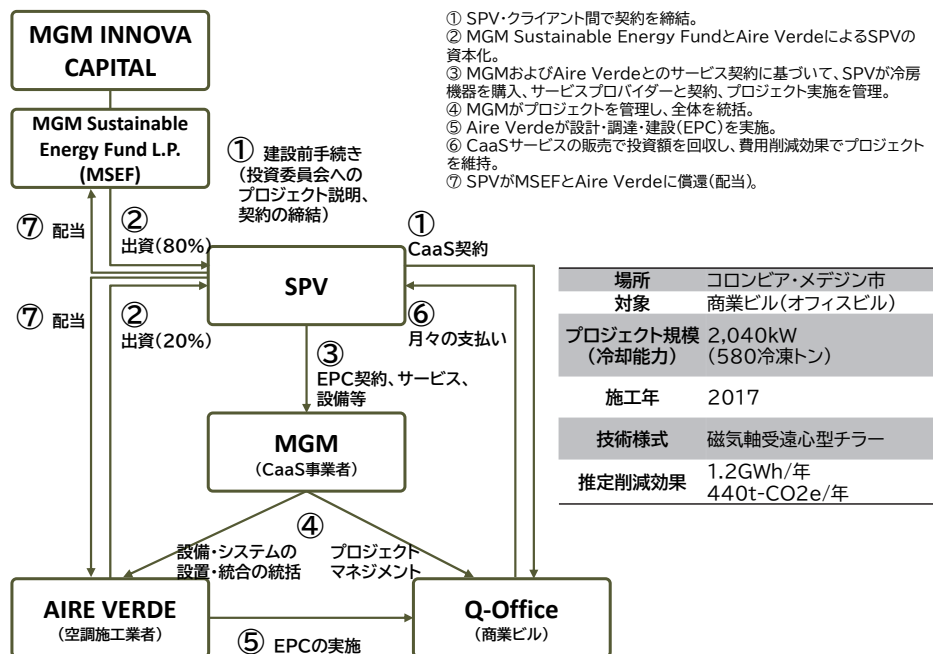
Cooling as a Service (CaaS) というビジネスモデル

都市の暑熱対策に対応する冷房事業の分野では、Cooling as a Service (CaaS) と呼ばれるサービス提供型のビジネスモデルが注目されており、新興国市場を中心に事業化が進められている。例えば、前作で紹介したコロンビアのメデジン市にも、オフィスビルへのCaaS導入例がある(図表2)。

CaaSでは、事業者側が冷房設備の導入、運用、保守を担い、ユーザーは“冷房によって得られる成果”に基づいて料金を支払う。従来は冷房量

(供給された冷却エネルギー)に応じた課金が一時的であったが、近年では「パフォーマンス保証 (Performance Guarantee)」として、実際の室温や省エネスコアなどを評価指標とする成果報酬型契約も広がっている^{注2}。建物のオーナーやテナントが冷房設備(空調機器や循環装置)を自前で導入・運用する場合、初期投資や運用管理の負担が大きく、老朽化による性能低下やエネルギー効率の悪化も懸念される。一方、CaaSを採用すれば、これらの負担とリスクを回避できる他、長期的な支払額を抑制できるとされる(図表3)。この構造は、電力のPPA (Power Purchase Agreement) モデルと類似しており、“冷房版PPA”とも呼べる

図表2 コロンビア・メデジン市の商業ビルに対する CaaS



出所) Cooling as a Service Initiative, 「CaaS in Colombia」をもとに三井住友トラスト基礎研究所作成・日本語訳

注2

なお、CaaSの金融スキームにはセール&リースバック方式とSPV(特別目的事業体)方式の2通りがある。Basel Agency for Sustainable Energy, 「Servitisation of the cooling industry: Cooling as a Service (CaaS) White Paper」、19ページ。また、CaaS以外のビジネスモデルとの比較は次の文献を参照のこと。The Global Innovation Lab for Climate Finance, 「Cooling as a Service (CaaS) Lab Instrument Analysis」2019年9月、16ページ

だろう^{注3}。

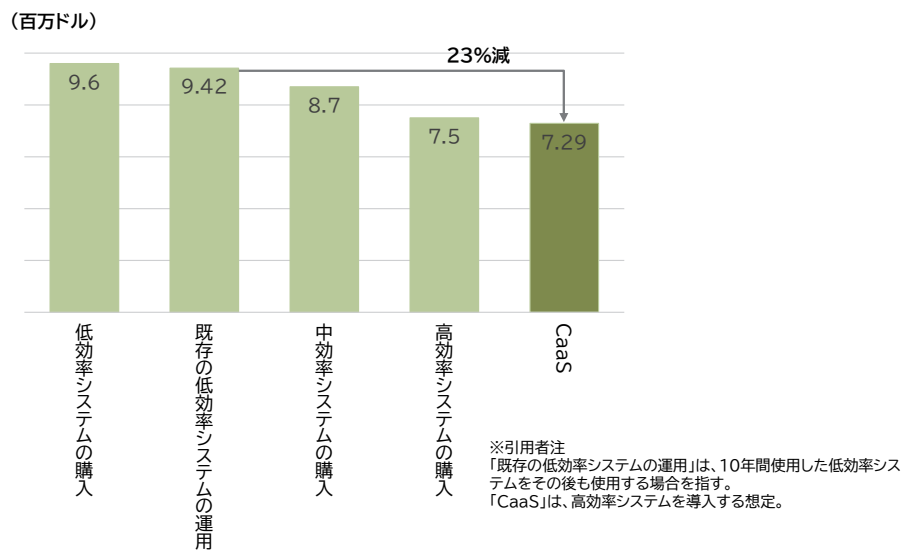
また、CaaSのユーザーは契約期間中に最新技術へのアップグレードや性能保証が受けられる利点がある。事業者にとっても、冷房設備の運用データを集積することで、メンテナンスの効率化やエネルギーマネジメントの高度化が可能となる。さらに、冷却最適化アルゴリズムの導入、脱炭素クレジット販売といった付加価値サービスの展開も視野に入る。

近年では、フランスのENGIE社やアラブ首長国連邦のTABREED社(National Central Cooling Company)などが、商業ビルや病院、空港、デー

タセンターといった大規模施設を対象にCaaSを展開している。特に中東や東南アジアでは、暑熱対策とエネルギー効率の両立を図る有効な手段として、CaaSを採用した地域冷房システムが都市開発の基幹インフラに位置付けられつつある。

日系企業では、ダイキン工業がシンガポールやタンザニア等でCaaSモデルを展開しているが^{注4}、国内市場向けには「空調機器のサブスクリプションサービス」として導入を進めている^{注5}。今後、温暖化の進行で平均気温が上昇すれば、冷房需要はさらに高まり、CaaSのような効率的なサービスの需要も増すと見込まれる。

図表3 4,220kWのチラーシステムに対する顧客の累積割引支出額
(メキシコの商業/産業施設を想定した導入シミュレーション)



出所) The Global Innovation Lab for Climate Finance、「Cooling as a Service (CaaS) Lab Instrument Analysis」
2019年9月、Figure 3 (10ページ)をもとに三井住友トラスト基礎研究所作成・日本語訳。

注3

エネルギーサービス会社(ESCO)モデルとも似ているが、ESCO事業では、省エネルギー効果(光熱水費の削減分)の中から一定額あるいは一定割合が、ESCO事業者を支払われるのに対して、CaaSでは、実際のエネルギー使用量に基づいてあらかじめ設定される点が異なる。

注4

ダイキン工業、「空調未成熟市場でエアコンのサブスクを事業とする合併会社を設立」2020年6月16日、「シンガポールでスマートシティプロジェクトに参画」2020年11月10日

注5

ダイキン工業、「業界初、ビルの快適な空調空間を月額固定料金で提供する「エアズアサービス社」を設立」2018年1月23日、「店舗・オフィスエアコン定額利用サービス「ZEAS Connect (ジラス コネクト)」を開始」2022年4月12日

地域型 CaaS の可能性

では、都市開発において CaaS の導入とグリーンインフラの整備を一体で実施した場合、どのような姿が考えられるだろうか。本作では、事業者が CaaS の枠組みのもと、冷房設備と周辺環境の整備を一体で設計・運用する形態を、仮に「地域型 CaaS」と呼び、その可能性を考えてみたい。

地域型 CaaS では、地域冷房システムを基盤としながら、街路樹やグリーンルーフ、グリーンウォールといったグリーンインフラを併用することで、都市全体の冷房効率を高める。グリーンインフラが日射負荷や周囲気温を抑えることで、冷房システムへの負荷が軽減され、冷却水の温度管理や冷媒圧縮の効率が向上する。これにより、冷房設備全体の運用効率が改善される。これは CaaS 事業者にとってコスト削減につながる。さらに、CO₂排出の低減だけでなく、ヒートアイランド現象緩和や住民の健康被害緩和、屋外快適性の向上といった複数の副次効果も見込まれる。

このモデルでは都市空間全体を冷房サービスの一部として捉えるため、設計段階から都市・建築・エネルギーの全体計画が必要となる。地域全体の冷房需要を分散・平準化しながら、グリーンインフラの配置を冷却効率と生態系ネットワークの両面から最適化していくことが求められる。従来のように冷房と緑化を別々に検討するのではなく、両者を一体のシステムとして設計することが本モデルの中核となる。

こうしたアプローチは日本国内でも萌芽が見え

は始めている。例えば東京都港区の竹芝エリアのように、再生可能エネルギーを熱源とする地域冷暖房と、街路樹や水辺空間などの緑化空間を一体で整備する事例が見受けられる。CaaS の導入こそないものの、都市開発の初期段階からエネルギーと緑地を計画的に設計している点で、地域型 CaaS の方向性と重なる。

もっとも、地域型 CaaS の実装には、費用対効果の明確化や、グリーンインフラによる負荷低減効果の可視化・定量化が必要である。あわせて、CaaS のようなサービス提供型モデルに対する金融支援制度や契約スキームの整備も不可欠だ。こうした制度的・経済的な課題を乗り越えるには、どのような用途や施設を起点に地域型 CaaS を展開していくかを見極める必要がある。

地域型 CaaS とデータセンター

地域型 CaaS の起点としては、まとまった規模の冷房需要が前提となる。そのため、導入適地としては都市再開発に加えて、データセンター^{注6}のような大規模冷房需要地が有望であろう。

データセンターは冷房負荷が極めて高いことから、建設段階から冷却設備の整備が求められることが多い。CaaS は、こうした初期投資リスクを回避しつつ、運用最適化と低炭素化を両立させるしくみとして注目されており、すでに世界各地で導入事例が現れている。シンガポールでは Kaer 社がデータセンター向けに CaaS を提供しており^{注7}、冷却の安定供給から、設備のモニタリ

注6

データセンターに関しては、廃熱を活用するユニークな試みが国内でも登場している。例えばホワイトデータセンターでは、サーバーからの廃熱と雪冷熱を空調利用して、農産物の栽培や陸上養殖を行う。また、国内外に温浴施設を併設したデータセンターが存在している。ホワイトデータセンター、「雪うなぎ」出荷開始! 待望の北海道産ニホンウナギ雪解け水を使って養殖」2024年7月16日。ミライ大垣第2データセンター、「くらうどの湯」。AFPBB、「データセンター廃熱でプールを加熱 環境に優しくコストも節減 英」2023年11月19日。

注7

詳細は次の文献を参照のこと。なお、当該のデータセンター 7000 AMK (Ang Mo Kio) は ESR-Logos REIT の物件である。Cooling as a Service Initiative, 「Singapore Data Centre and Manufacturing Facility Saves with Cooling as a Service」

グや予防保全までを包括してサービスを展開している。また、北欧諸国では、データセンターと地域冷暖房網を一体で整備し、データセンターから発生する排熱を地域暖房に活用する循環型システムが構築されている^{注8}。

さらに、グリーンインフラによって冷却負荷の軽減を図る事例も見られる。例えばドイツのフランクフルトでは、グリーンウォールやグリーンルーフを導入することで、建物外壁の断熱性を高めて冷房に要するエネルギーを削減している^{注9}。

データセンターの冷却需要は年間を通じて安定しているため、需要の予測可能性と継続性が高い。これはCaaS事業者にとって、長期的な安定収益源として大きな魅力となる。さらに冷却設備を複数施設で共有できればスケールメリットと運用効率の向上が期待できる。

日本でも、今後、グリーンデータセンター（環境配慮型データセンター）^{注10}の建設が本格化すれば、地域冷房とグリーンインフラを組み合わせた地域型CaaSが現実味を帯びてくるだろう。データセンターを戦略的に配置し、その冷却需要を核に地域全体の冷房インフラとグリーンインフラを統合できれば、産業振興と住民生活の質の向上を同時に達成できるかもしれない。ただし、このような全体最適を実現するためには、行政支援や土地利用計画との連携を通じた制度的後押しが不可欠である。

おわりに

本連載第28回「グリーンインフラの戦略的導入」（83号所収）と前作では、それぞれグリーンインフラの導入戦略と資金調達手法について紹介した。これらを受けて本作ではスコープを広げ、地域冷房とグリーンインフラの組み合わせから、新たなビジネスモデルと都市環境の将来像を考えてみた。やや近未来的な提案も含まれるが、今後の都市開発を構想する手がかりになれば幸いである。

都市インフラの脱炭素化には、エネルギー効率の向上にとどまらず、空間設計や資金循環、都市機能の見直しといった複合的なアプローチが欠かせない。その中にグリーンインフラの配置も含まれる。「地域型CaaS」モデルはこうした多面的な課題に対して、冷房という日常的な都市需要に着目して解決を目指す構想である。

このように、都市の暑熱対策と冷房需要を考えることがサステナブル・シティへの第一歩となる。冷房はもはや単なるエネルギー消費装置ではない。環境と経済の両面に価値をもたらす都市インフラとして、今再評価すべき時期を迎えている。

注 8

例えば、ストックホルムのStockholm Data Parks、ヘルシンキのHE5 Viikinkaari データセンター、オスロのOSL01 データセンター。Stockholm Data Parks、「Pressrelease – Stockholm set new standards for sustainable data centers」2017年1月20日。Equinix、「More Helsinki homes to be heated using excess heat from Equinix data center」2024年10月17日。Data Centre Dynamics、「Stack shares heat from Oslo data center: Completes project started by DigiPlex in 2018」2022年9月21日

注 9

Haskoning、「Eco-enhanced data centres: The impact of green facades」2024年6月3日

注 10

下記文献では、データセンターのグリーン化に当たって考慮すべきこととして、①気候レジリエンス、②サステナブルなデザインとビル、③サステナブルなICT、④サステナブルなエネルギー、⑤サステナブルな冷房、⑥電気電子機器廃棄物(E-Waste)の管理、の6点を挙げており、「サステナブルな冷房」(Sustainable Cooling)の重要性に着目している。国際電気通信連合(ITU)・世界銀行、「Green data centers: towards a sustainable digital transformation - A practitioner's guide」2023年11月29日

参考文献

- 国際電気通信連合 (ITU)・世界銀行、「Green data centers: towards a sustainable digital transformation - A practitioner's guide」2023年11月29日
(<https://documents1.worldbank.org/curated/en/099112923171023760/pdf/P178597-0914e486-6950-40f6-8697-5b924ae2b4e1.pdf>)
- 世界経済フォーラム、「What is servitization, and how can it help save the planet?」2020年11月20日
(<https://www.weforum.org/stories/2020/11/what-is-servitization-and-how-can-it-help-save-the-planet/>)
- ダイキン工業、「業界初、ビルの快適な空調空間を月額固定料金で提供する「エアズアサービス社」を設立」2018年1月23日
(https://www.daikin.co.jp/press/2018/20180123_02)
- ダイキン工業、「空調未成熟市場でエアコンのサブスクを事業とする合併会社を設立」2020年6月16日
(<https://www.daikin.co.jp/press/2020/20200616>)
- ダイキン工業、「シンガポールでスマートシティプロジェクトに参画」2020年11月10日
(<https://www.daikin.co.jp/press/2020/20201110>)
- ダイキン工業、「店舗・オフィスエアコン定額利用サービス「ZEAS Connect (ジエス コネクト)」を開始」2022年4月12日
(<https://www.daikin.co.jp/press/2022/20220412>)
- ホワイトデータセンター、「「雪うなぎ」出荷開始！ 待望の北海道産二ホンウナギ雪解け水を使って養殖」2024年7月16日
(<https://corp.wdc.co.jp/news/2024/07/282/>)
- ミライ大垣第2 データセンターHP、「くらうどの湯」
(<https://mdc.mirai.ad.jp/facilities/ashiyu>)
- AFPBB、「データセンター廃熱でプールを加熱 環境に優しくコストも節減 英」2023年11月19日
(<https://www.afpbb.com/articles/-/3470337>)
- Basel Agency for Sustainable Energy、「Servitisation of the cooling industry: Cooling as a Service (CaaS) White Paper」
(<https://www.caas-initiative.org/wp-content/uploads/2022/05/Cooling-as-a-Service-White-Paper-1.pdf>)
- Cooling as a Service Initiative、「CaaS in Colombia」
(<https://www.caas-initiative.org/casestudies/caas-in-colombia/>)
- Cooling as a Service Initiative、「Singapore Data Centre and Manufacturing Facility Saves with Cooling as a Service」
(<https://www.caas-initiative.org/casestudies/caas-in-singapore-kaer/>)
- Data Centre Dynamics、「Stack shares heat from Oslo data center: Completes project started by DigiPlex in 2018」2022年9月21日。
(<https://www.datacenterdynamics.com/en/news/stack-shares-heat-from-oslo-data-center/>)
- Equinix、「More Helsinki homes to be heated using excess heat from Equinix data center」2024年10月17日。
(<https://www.equinix.com/newsroom/press-releases/finland/2024/10/more-helsinki-homes-to-be-heated-using-excess-heat-from-equinix-data-center>)
- Haskoning、「Eco-enhanced data centres: The impact of green facades」2024年6月3日
(<https://www.haskoning.com/en/newsroom/blogs/2024/eco-enhanced-data-centres-the-impact-of-green-facades>)
- Stockholm Data Parks、「Pressrelease – Stockholm set new standards for sustainable data centers」2017年1月20日。
(<https://stockholmdataparks.com/2017/01/20/stockholm-soon-to-be-the-future-center-for-green-data-centers/>)
- The Global Innovation Lab for Climate Finance、「Cooling as a Service (CaaS) Lab Instrument Analysis」2019年9月
(https://www.climatefinancelab.org/wp-content/uploads/2019/01/Cooling-as-a-Service_Instrument-analysis.pdf)

うちだ ちから

東京大学大学院博士課程修了、博士（学術）。
大学院修了後、漁業・林業などの資源管理を専門としてアカデミアにて活動。東洋大学でのSDGs推進業務を経て、前職では総合商社のシンクタンクにてサステナビリティ分野の調査研究に携わる。2024年6月より現職。
現在は、PPP・インフラ投資に関するリサーチ・コンサルティング業務に従事。著書に『グリーン・デジタル社会をつくるインフラ事業構築&市場予測 2025-2050』（日経BP、共著）など。